UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

QUALIDADE DE TUBÉRCULO PARA PROCESSAMENTO E SELEÇÃO DE CLONES DE BATATA EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE CULTIVO DO SUL DO BRASIL

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Francisco Saccol Gnocato

Santa Maria, RS, Brasil.

2012

QUALIDADE DE TUBÉRCULO PARA PROCESSAMENTO E SELEÇÃO DE CLONES DE BATATA EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE CULTIVO DO SUL DO BRASIL

Francisco Saccol Gnocato

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Agronomia**.

Orientador: Prof. Dilson Antônio Bisognin, PhD.

Santa Maria, RS, Brasil.

2012

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática
da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Gnocato, Francisco Saccol
Qualidade de tubérculo para processamento e seleção de clones de batata em diferentes condições de cultivo do Sul do Brasil / Francisco Saccol Gnocato.-2012.
61 p.; 30cm

Orientador: Dilson Antônio Bisognin
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, RS, 2012

1. Solanum tuberosum L. 2. Ambientes de cultivo. 3. Colheita precoce. 4. Melhoramento. I. Bisognin, Dilson Antônio II. Título.

Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Agronomia

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

QUALIDADE DE TUBÉRCULO PARA PROCESSAMENTO E SELEÇÃO DE CLONES DE BATATA EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE CULTIVO DO SUL DO BRASIL

elaborada por
Francisco Saccol Gnocato

Como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Agronomia

COMISSÃO EXAMINADORA:

Dilson Antônio Bisognin PhD.
(Presidente/Orientador)

Dr. Alberto Cargnelutti Filho (UFSM)

Dr^a^. Liege Camargo da Costa (FEPAGRO/RS)

Santa Maria, 06 de julho de 2012.

AGRADECIMENTOS

À Deus por trilhar os caminhos da minha vida.

À minha família, meus pais: Adiolino José Gnocato e Carmem Miranda Saccol Gnocato e meus irmãos Filipe Saccol Gnocato e Fernando Saccol Gnocato pela confiança e apoio incondicional.

À minha namorada Renata Mazaro pela companhia, compreensão e carinho.

Ao Professor Dilson Antônio Bisognin pela orientação, amizade e confiança, essenciais para minha formação.

À Universidade Federal de Santa Maria e ao Programa de Pós Graduação em Agronomia pelo ensino de qualidade.

À Fundação Estadual de Pesquisa agropecuária do Rio Grande do Sul (FEPAGRO), e a Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI) que possibilitaram a realização dos experimentos.

À Pioneer Hi Bred, pela concessão de bolsa de estudos.

Aos amigos e colegas do grupo de Pesquisa em Genética e Melhoramento de Batata que foram essenciais na execução deste trabalho de dissertação; e ao Grupo de Propagação Vegetativa de Plantas pelo apoio e amizade.

Aos meus colegas e amigos do Departamento de Fitotecnia que acompanharam minha trajetória.

Agradeço a todos que contribuíram para a minha realização.

“Os principais problemas com que nos deparamos não podem ser resolvidos no mesmo nível de pensamento que tínhamos quando os criamos.”

Albert Einstein

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Agronomia
Universidade Federal de Santa Maria

QUALIDADE DE TUBÉRCULO PARA PROCESSAMENTO E SELEÇÃO DE CLONES DE BATATA EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE CULTIVO DO SUL DO BRASIL

AUTOR: FRANCISCO SACCOL GNOCATO
ORIENTADOR: DILSON ANTÔNIO BISOGNIN
Santa Maria, 06 de julho de 2012.

O objetivo desse trabalho foi avaliar a qualidade de processamento de tubérculos de batata para a seleção de clones em diferentes condições de cultivo no Sul do Brasil. Para isso foram considerados dois estudos. No primeiro estudo, foram conduzidos experimentos em condições de cultivo de verão em São Joaquim (SC), e de primavera e outono, em Júlio de Castilhos (RS), representativos das principais épocas de cultivo da batata na região Sul do Brasil, com o objetivo de avaliar a interação genótipo x ambiente em caracteres de qualidade de tubérculos de batata e seus reflexos no ganho de seleção. Em cada cultivo, foram avaliados 18 clones de batata para os caracteres coloração de chips e da composição dos tubérculos em teores de matéria seca, açúcares redutores, amido e amilose. O cultivo de verão maximiza os ganhos genéticos, sendo a seleção neste ambiente correlacionada aos ambientes de primavera e outono. No segundo estudo, realizado em Júlio de Castilhos (RS), foram conduzidos experimentos com o objetivo de avaliar a produtividade e a qualidade de tubérculos de clones de batata com maturidade precoce no outono e na primavera. Foram avaliados 12 clones de batata para produtividade, matéria seca, sacarose e açúcares redutores de tubérculos colhidos aos 70 e 90 dias após o plantio (DAP) no outono e aos 70 DAP na primavera. Os tubérculos colhidos aos 90 dias após o plantio de outono e aos 70 dias após o plantio de primavera ainda não atingiram a qualidade mínima para o processamento industrial.

Palavras-chave: *Solanum tuberosum* L. Ambientes de cultivo. Colheita precoce. Melhoramento.

ABSTRACT

Master Dissertation
Graduate Program of Agronomy
Universidade Federal de Santa Maria

TUBER PROCESSING QUALITY AND SELELECTION OF POTATO CLONES UNDER DIFFERENT GROWING CONDITIONS OF SOUTHERN BRAZIL

AUTHOR: FRANCISCO SACCOL GNOCATO
ADVISER: DILSON ANTÔNIO BISOGNIN
Santa Maria, July 6th, 2012.

The objective of this study was to evaluate the processing quality of potato tubers to identify superior clones under different growing conditions of Southern Brazil. Two trials were carried out in different conditions. The first trial was carried out during summer in São Joaquim, SC, and during spring and fall seasons in Júlio de Castilhos, RS to evaluate the genotype x environmental interaction for tuber quality and the gain from selection. A total of 18 potato genotypes were evaluated for chip color, dry mass, reducing sugar and amylose contents. Summer growing conditions increase the gain from selection and the selection is correlated with both spring and autumn seasons. The second trial was carried out to evaluate the yield and the tuber quality of potato clones in early harvest during autumn and spring seasons in Júlio de Castilhos, RS. A total of 12 potato genotypes were evaluated for yield, dry mass, sucrose and reducing sugar contents in tubers harvested at 70 and 90 days after planting (DAP), autumn season, and 70 DAP, spring season. Potato tubers harvested at 90 DAP in autumn and at 70 DAP in spring do not get the minimal processing quality necessary for the industry.

Keywords: *Solanum tuberosum* L. Early harvest. Growing conditions. Breeding.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Produção (milhões de toneladas) de batata dos principais países produtores (FAO, 2010)..... 15

FIGURA 2 – Produção de batata por mesorregiões nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (IBGE, 2010)..... 17

FIGURA 3 – Matéria seca de tubérculos de batata de colheita precoce em função da época de colheita..... 49

FIGURA 4 – Matéria seca de tubérculos de batata de colheita precoce em função dos clones..... 50

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Área plantada, produção e rendimento médio da safra brasileira de batata de 2011 (IBGE 2012)..... 16

TABELA 2 – Estimadores dos parâmetros genéticos da análise conjunta de variância..... 27

TABELA 3 – Resumo da análise de variância individual e parâmetros genéticos para cor de chips, matéria seca (%), açúcares redutores (mg g de MS^{-1}), amido (% da matéria seca) e amilose (% do amido) dos tubérculos de diferentes clones de batata..... 30

TABELA 4 – Resumo da análise conjunta de variância e parâmetros genéticos para cor de chips, matéria seca (%), açúcares redutores (mg g de MS^{-1}), amido (% da matéria seca) e amilose (% do amido) dos tubérculos de diferentes clones de batata..... 31

TABELA 5 – Cor de chips, matéria seca (% da matéria fresca), açúcares redutores (mg g de MS^{-1}), amido (% da matéria seca) e amilose (% do amido) dos tubérculos de 18 clones de batata obtidos em três ambientes de cultivo..... 32

TABELA 6 – Correlação fenotípica entre pares de ambientes para caracteres de qualidade de tubérculos de batata..... 34

TABELA 7 – Ganho de seleção e resposta correlacionada de três ambientes para caracteres de qualidade de tubérculo de batata..... 36

TABELA 8 – Média original dos clones (MCO), média dos clones selecionados (MCS) e ganho de seleção (GS) pelo método da soma de postos proposto por Mulamba e Mock (1978) para caracteres de qualidade de tubérculo de batata..... 37

TABELA 9 – Estimadores dos parâmetros genéticos da análise conjunta de variância..... 43

TABELA 10 – Resumo da análise de variância individual e parâmetros genéticos para produtividade (g $cova^{-1}$), matéria seca (%), açúcares redutores (mg g de MS^{-1}) e sacarose (mg g de MF^{-1}) de tubérculos de clones de batata em colheita precoce..... 45

TABELA 11 – Resumo da análise conjunta de variância e parâmetros genéticos para produtividade (g $cova^{-1}$), matéria seca (%), açúcares redutores (mg g de MS^{-1}) e sacarose (mg g de MF^{-1}) de tubérculos de clones de batata em colheita precoce..... 46

TABELA 12 – Produtividade, sacarose (mg g massa fresca^{-1}) e açúcares redutores (mg g massa seca^{-1}) de tubérculos de batata em colheitas aos 70 e 90 dias após o plantio de outono e aos 70 dias após o plantio de primavera..... 47

TABELA 13 – Índice de classificação de 12 clones de batata para produtividade, matéria seca, açúcares redutores e sacarose de tubérculos obtidos em colheita precoce..... 50

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 12

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 14

2.1 Situação atual do cultivo de batata 14

2.2 Genética e melhoramento da batata 17

2.3 Parâmetros de qualidade 19

2.4 Colheita antecipada e precocidade 21

3 CAPÍTULO I

INTERAÇÃO GENÓTIPO X AMBIENTE E GANHO DE SELEÇÃO PARA CARACTERES DE QUALIDADE DE TUBÉRCULOS EM BATATA 23

3.1 Introdução 23

3.2 Material e métodos 24

3.3 Resultados e discussões 29

3.4 Conclusão 38

4 CAPÍTULO II

AVALIAÇÃO DE TUBÉRCULOS DE BATATA EM COLHEITA PRECOCE NO RIO GRANDE DO SUL PARA QUALIDADE DE PROCESSAMENTO 39

4.1 Introdução 39

4.2 Material e métodos 40

4.3 Resultados e discussões 44

4.4 Conclusões 51

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS 52

REFERÊNCIAS 54

1 INTRODUÇÃO

Originalmente cultivada nos Andes sob altitude, *Solanum tuberosum* L., a batata mundialmente conhecida, é um tubérculo capaz de suportar períodos de frio e/ou de seca prolongados (MORA, 1985). A adaptação ao frio de altitude e a fotoperíodos diversos permitiu que a batata, disseminada a partir da Europa, fosse levada a todos os continentes (HIJMANS; SPOONER, 2001). Atualmente, a batata é o terceiro alimento mais importante para a humanidade, atrás do arroz e do trigo (CIP, 2011), presente na alimentação tanto de países desenvolvidos quanto daqueles em desenvolvimento (HIJMANS, 2001).

A batata se desenvolve melhor em climas amenos, com alta incidência de radiação solar e disponibilidade regular de chuvas. Entretanto, o cultivo é realizado em locais com condições climáticas menos favoráveis, o que afeta negativamente o potencial produtivo e a qualidade de processamento dos tubérculos. No Brasil, o cultivo da batata é realizado em locais de altitude e em regiões baixas, da Paraíba ao Rio Grande do Sul (IBGE, 2012). No Sul do Brasil, durante o inverno, a radiação é insuficiente e a ocorrência de geadas inviabiliza o cultivo da batata. No entanto, é possível cultivar batata em duas safras por ano em regiões baixas, e em locais de altitude elevada durante o período de verão.

A batata é destinada, basicamente, para o mercado *in natura*. Contudo, a demanda crescente por alimentos industrializados tem elevado o consumo de batata processada. A matéria-prima para a indústria de processamento deve apresentar caracteres de qualidade, entre os quais se destaca o alto teor de matéria seca, baixo teor de açúcares redutores e adequada capacidade de armazenamento. O teor de matéria seca nos tubérculos é o caractere de maior importância para se obter consistência firme e crocante, enquanto que baixos níveis de açúcares redutores produzem chips de cor adequada para o consumo (GRIZOTTO, 2005). O amido, principal carboidrato de reserva do tubérculo, é composto por cadeias lineares (amilose) e ramificadas (amilopectina) de α–D-glicose. Altos teores de amilose conferem melhor qualidade e maior rendimento ao processamento pela fritura (TAGGART, 2004). A capacidade de armazenamento está relacionada à maturidade de colheita e aos teores de sacarose nos tubérculos (SOWOKINOS, 1978). Esses

atributos são dependentes do adequado suprimento de elementos naturais durante o cultivo e, portanto, variável em função de atributos genéticos e ambientais.

A tuberização e a maturação são as fases do desenvolvimento da batata mais importantes na determinação da produtividade e qualidade de tubérculos. As condições climáticas durante esse período de desenvolvimento são distintas entre as épocas de cultivo. Dessa forma, é possível a recomendação de clones para uma época de cultivo, que não atendam os requisitos de qualidade em outra época. Somado a isso, é limitado o número de cultivares adaptadas a todas as épocas de cultivo e que apresentem qualidade de processamento.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade de processamento e estimar parâmetros genéticos para a seleção de clones de batata em diferentes condições de cultivo do Sul do Brasil.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Situação atual do cultivo de batata

A batata é considerada o terceiro alimento mais importante para a humanidade (CIP, 2011), com produção mundial de 324 milhões de toneladas, sendo liderada por China e Índia (Figura 1), que juntas produzem um terço do total global (FAO, 2010). A adaptação a diversas condições de cultivo somado ao valor nutritivo torna a batata um alimento de consumo universal, presente na alimentação tanto de países desenvolvidos quanto daqueles em desenvolvimento (HIJMANS, 2001). As últimas décadas foram caracterizadas pelo declínio na produção de batata em países desenvolvidos da Europa e pelo expressivo aumento na produção de países em desenvolvimento, particularmente na Ásia e África (FAO, 2010; INTERNATIONAL YEAR OF THE POTATO, 2010), nos quais a batata tem auxiliado na redução da fome e dos índices de desnutrição. Atualmente, cultivares de batata com maior valor nutricional tem sido desenvolvidas, especialmente para regiões com histórico de pobreza (CIP, 2010).

Em 2011, a safra brasileira de batata foi de aproximadamente 3,9 milhões de toneladas (Tabela 1), com mais de 80% do total da produção concentrada nas regiões Sudeste e Sul. Minas Gerais é o principal produtor de batata, seguido por Paraná e São Paulo. O rendimento médio dos estados do sul foi inferior ao nacional de 26 toneladas por hectare (IBGE, 2012). O Rio Grande do Sul é o quarto produtor, com produção superior a 380 mil toneladas, enquanto que o estado de Santa Catarina produz 107.516 toneladas, sendo o 7º maior produtor do país.

As condições brasileiras possibilitam diversos cultivos ao longo do ano. Na região Sudeste são realizadas três safras anuais (ALVARENGA, 2007), enquanto que na região Sul do Brasil a batata é cultivada na primavera e no outono, nas áreas de altitude inferior a 600m, e no verão, em locais de altitude superior (HELDWEIN et al., 2009). O Estado do Rio Grande do Sul pode ser dividido em sete mesorregiões, das quais seis apresentam produção significativa de batata (IBGE, 2010). A região Nordeste Rio-grandense concentra mais de 60% da safra gaúcha de batata (Figura

2). No estado de Santa Catarina, entre as seis mesorregiões, o Oeste, a Serra e o Norte catarinense destacam-se na produção de batata (IBGE, 2010).

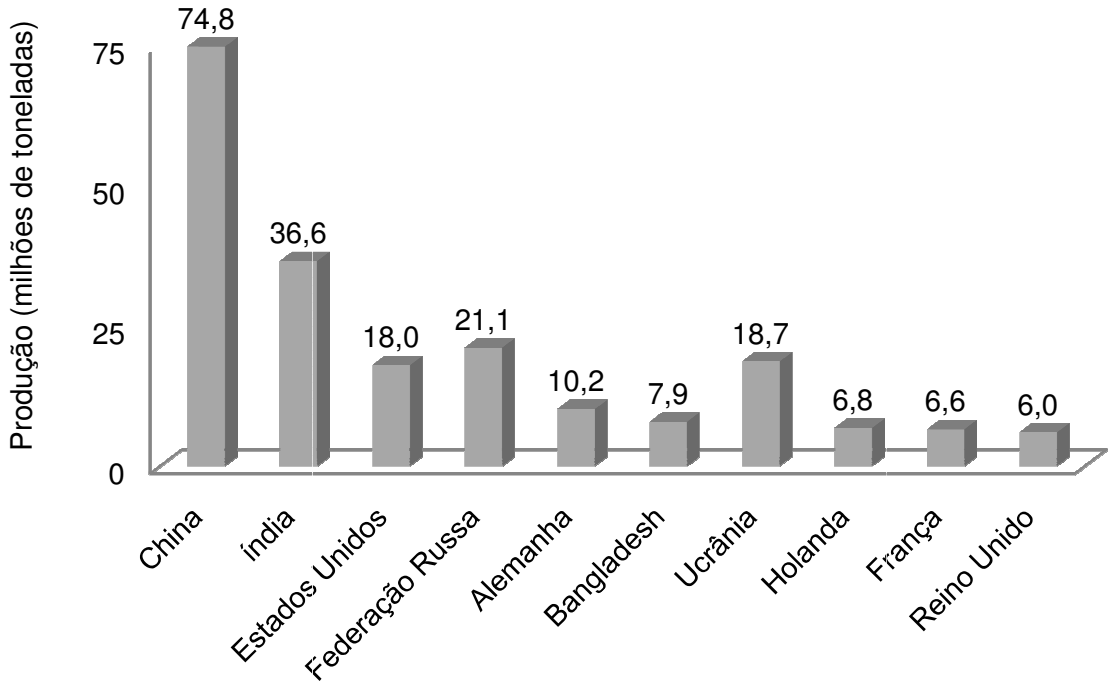

Figura 1 – Produção (milhões de toneladas) de batata dos principais países produtores (FAO, 2010).

A bataticultura do Brasil é baseada na produção de tubérculos de satisfatória aparência externa, película clara e polpa creme, voltado para o mercado *in natura*, predominando as cultivares de origem européia Ágata, Monalisa e Vivaldi. As cultivares Asterix, Atlantic e Panda são cultivadas para atender a indústria de processamento, pois apesar de exigir maior nível tecnológico, essas cultivares apresentam qualidade adequada (POPP, 2000; PEREIRA et al., 2003). Na forma *in natura,* a batata é a hortaliça de maior consumo no Brasil, mas tem perdido espaço para a batata processada, que apresentou o segundo maior crescimento do setor de alimentos em 2010 (SILVEIRA et al., 2011).

Tabela 1 – Área plantada, produção e rendimento médio da safra brasileira de batata de 2011 (IBGE 2012).

Unidades da Federação e Região	Área plantada (ha)	Produção (toneladas)	Rendimento médio (kg ha^{-1})
Sudeste			
Minas Gerais	41.553	1.275.088	30.686
Espírito Santo	454	9.219	20.306
São Paulo	26.240	665.350	25.356
Total	68.247	1.949.657	28.568
Sul			
Paraná	31.175	793.754	25.461
Santa Catarina	6.789	107.516	15.837
Rio Grande do Sul	21.895	388.752	17.781
Total	59.859	1.290.022	21.563
Nordeste			
Paraíba	320	2.261	7.066
Bahia	9.656	341.778	35.395
Total	9.976	344.039	34.487
Centro-Oeste			
Goiás	7.982	277.065	34.711
Distrito Federal	950	33.967	35.755
Total	8.932	311.032	34.822
Total Brasil	147.014	3.894.750	26.498

Apesar do cenário promissor, apenas 10% da batata produzida no Brasil é para a indústria de processamento, tornando o país terceiro maior importador de batata pré-frita congelada (GERALDINI et al., 2011). Os principais problemas apontados são a desorganização da cadeia produtiva (SHIMOYAMA, 2006), o uso de cultivares para processamento que requerem maior nível tecnológico para produção (SOUZA, 2006) e a exigência de padrão de qualidade dos tubérculos pela indústria (POPP, 2000). Somado a isso, a concorrência com a importação de batata congelada, a preços altamente competitivos, limita a ampliação do parque industrial brasileiro (GERALDINI et al., 2011).

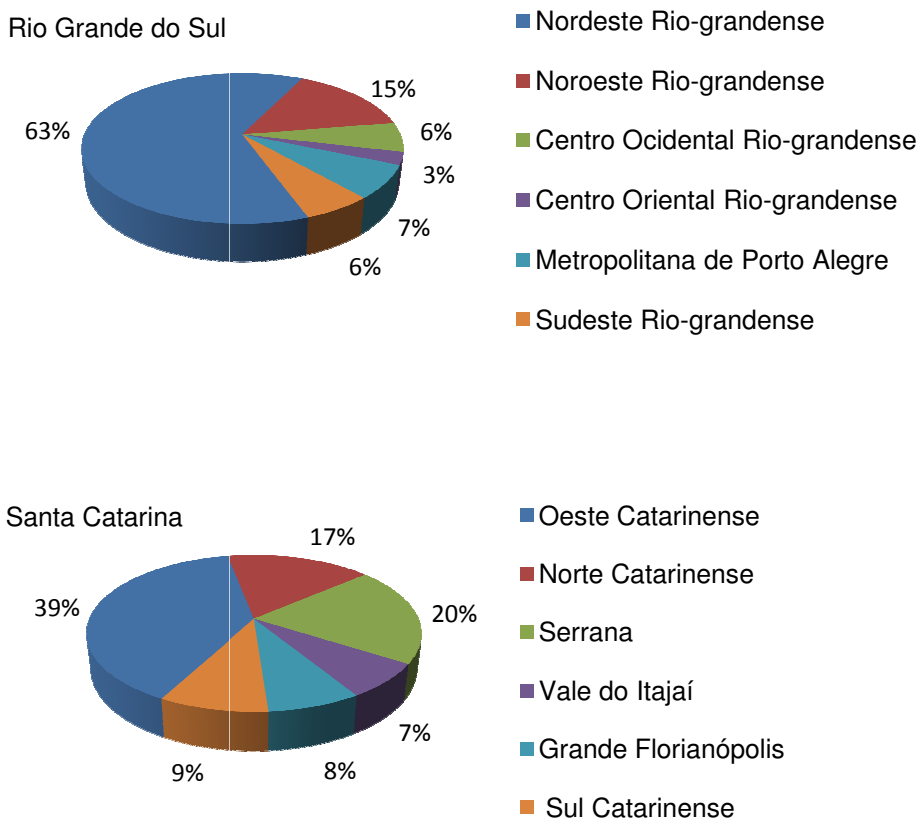

Figura 2 – Produção de batata por mesorregiões nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (IBGE, 2010).

2.2 Genética e melhoramento da batata

Da família Solanaceae, cerca de 200 espécies selvagens e pelo menos sete cultivadas possuem relação genética com a batata (VAN DEN BERG; JACOBS, 2007). As espécies possuem diferentes níveis de ploidia (2x, 3x, 4x, 5x e 6x) e do número balanceado do endosperma (EBN), formando cinco grupos de isolamento genético (GAVRILENKO, 2007). *Solanum tuberosum* ssp *tuberosum* é uma espécie autotetraplóide ($2n=4x=48$), derivada do grupo *andigena,* com adaptação a dias longos (HUAMÁN, 1986).

O provável local de origem das espécies de batata que tuberizam é a América central, no México, de onde ocorreu a dispersão para o sul do continente, particularmente nas montanhas dos Andes, onde ocorreram alterações do EBN e

duplicação do grupo de cromossomos (VAN DEN BERG; JACOBS, 2007). A batata é cultivada entre os paralelos 65ºN e 47ºS e altitude desde o nível do mar até 4.000 m. Em latitudes tropicais, a batata é cultivada em altitude superior a 1.000 m, nas latitudes subtropicais podem ser encontrados cultivos em todas as estações do ano dependendo da altitude, e em latitudes temperadas, o cultivo predomina em áreas baixas (HIJMANS, 2001).

O melhoramento da batata se utiliza da fase sexual, com o cruzamento de dois genitores (altamente heterozigotos) e formação de sementes verdadeiras (segregação), seguido de ciclos de propagação vegetativa para a avaliação e seleção dos genótipos superiores, que apresentam alta heterozigose e uniformidade genética (BISOGNIN, 2011). Nesse caso, os genótipos superiores são obtidos partindo-se de clones, pela fixação integral do arranjo alélico (herança aditiva, dominância e epistasia). Tal processo elimina problemas relacionados à elevada depressão por endogamia, mas acarreta na multiplicação dos patógenos presentes nos propágulos (ALVES et al., 1999).

Na escolha de genitores de um programa de melhoramento, é possível a utilização de genotipagem, uma vez disponível o sequenciamento do genoma da batata (THE POTATO GENOME SEQUENCING CONSORTIUM, 2011). Nesse contexto, ensaios de avaliação a campo são necessários, em decorrência da complexidade dos poligenes envolvidos na expressão de caracteres, entre os quais se destacam a produtividade, o teor de amido e a cor de fritura (BRADSHAW, 2007).

A recomendação de cultivares de batata é baseada no desempenho superior nos diferentes locais de avaliação, sendo que para isso é utilizada a seleção do fenótipo, que é o somatório dos efeitos de cultivar, de ambiente e da interação genótipo x ambiente (TAI, 2007). A interação genótipo x ambiente ocorre devido a dois fatores. O primeiro é causado pela variabilidade genética entre as cultivares, enquanto que o segundo ocorre pela falta de correlação entre os ambientes. A correlação baixa, por sua vez indica que o desempenho superior de uma cultivar em um ambiente, normalmente, não será mantido em outro ambiente. Neste caso, a presença da interação genótipo x ambiente é um fator perturbador e afeta a predição dos ganhos de seleção (CRUZ; REGGAZZI, 1997). Estudos com a cultura da batata apontam que a interação genótipo x ambiente é importante na expressão fenotípica dos caracteres de qualidade de tubérculos para matéria seca, cor da fritura, sacarose, frutose e glicose (HAAN, et al., 2012; AFFLECK et al., 2012).

No sul do Brasil, a batata é cultivada nas estações primavera e outono em regiões de baixa altitude e, no verão, em regiões de altitude superior a 600m. As condições favoráveis na primavera e outono são de, aproximadamente, 100 dias, limitadas por ocorrência de calor ou frio excessivo, enquanto que o cultivo de altitude permite o desenvolvimento de cultivares mais tardias (SOUZA, 2010). No outono, o fotoperíodo e a temperatura decrescente ao final do ciclo dificultam a maturação dos tubérculos, afetando negativamente a qualidade de processamento. Já na primavera e verão de altitude, as condições de fotoperíodo e temperatura crescente no enchimento de tubérculos favorecem a maturação (MULLER et al., 2009; FREITAS et al., 2006). Ambientes favoráveis maximizam a expressão genética, sendo os mais indicados para a seleção de genótipos superiores, enquanto que sob condições de estresse busca-se a adaptação à ambientes específicos (AFFLECK et al., 2008).

No caso do melhoramento genético da batata da região Sul do Brasil, a demanda deve ser atendida por cultivares que mantenham alto padrão de qualidade de tubérculo em condições de outono, primavera e verão de altitude (BISOGNIN, 2006). Assim, sugere-se a adoção de diferentes estratégias de seleção entre os ambientes para os caracteres de qualidade (SOUZA, 2010).

2.3 Parâmetros de qualidade

Preparada e consumida sob diversas formas, a batata é comercializada na forma *in natura* ou processada. Entretanto, modificações no hábito alimentar da população urbana tem elevado o consumo de alimentos industrializados e, com isso, o aumento da demanda por batata na forma processada (FERREIRA et al., 2008). Em 2002, a batata destinada para processamento ultrapassou 26 milhões de toneladas, equivalente a 13% do total de batata produzida para a alimentação (KIRKMAN, 2007).

A qualidade de processamento pode ser definida pelo conjunto textura, cor e sabor, os quais são definidos por padrões pré-estabelecidos ou culturais (HOWARD, 1974). O formato e aparência externa dos tubérculos são caracteres fundamentais para a batata destinada ao consumo *in natura*, apesar de existir padrões distintos de formato para o processamento na forma de chips ou palito (KIRKMAN, 2007).

As principais formas processadas de batata são os produtos fritos, os congelados, os desidratados, os enlatados e os minimamente processados (LOVATTO, 2010; HOWARD, 1974). No exterior, o processamento da batata é, predominantemente, na forma de chips e *French fries*. Chips são fatias de 2 mm de espessura que, após a imersão em óleo à temperatura de 180ºC, atingem um teor de umidade de aproximadamente 1,5%. Esse tipo de produto é, normalmente, comercializado em embalagem laminada (VENDRUSCOLO; ZORZELLA, 2002). Para a produção de *French fries,* as batatas são cortadas longitudinalmente em forma de palitos de 1 cm de espessura e fritas em óleo. *French fries é,* normalmente, comercializada na forma pré-frita congelada, sendo o tipo de processamento que mais cresceu na ultima década (KIRKMAN, 2007).

O formato exigido na indústria de chips é o esférico, com relação entre diâmetro e comprimento não maior que 1,33, enquanto que para a produção de batata palito é dada preferência para tubérculos alongados. Além do formato, é importante a uniformidade do tamanho, onde é dada preferência por tubérculos com tamanho médio entre 40 e 95 mm de diâmetro (KIRKMAN, 2007). Tubérculos fora desse faixa de tamanho podem ser utilizados nas formas de processamento mínimo, conservas ou desidratados (LOVATTO, 2010).

A textura do produto processado é dada em função do tempo necessário para a desidratação pela fritura. Tubérculos com maior teor de matéria seca têm menor absorção de gordura durante o processamento, produzindo fritos de maior crocância (GRIZOTTO, 2005). Dessa forma, para se obter um produto frito de alta qualidade, a batata deve possuir conteúdo de matéria seca superior a 21% (VENDRUSCOLO; ZORZELLA, 2002), sendo o alto teor de matéria seca relacionado com cultivares de maturação tardia e com ambientes que favoreçam ciclos longos para o desenvolvimento da batata (VAN ECK, 2007).

O teor de amido em tubérculos de batata corresponde a 60 - 80% da matéria seca (FONTES; FINGER, 2000). A qualidade do amido depende da relação entre amilose e amilopectina, que é em média 1:4, ou seja, 25% de amilose e 75% de amilopectina (BLENNOW, 2004). A amilose é um polímero de moléculas de α–D-glicose unidas por ligações $1 \rightarrow 4$, enquanto que a amilopectina apresenta ramificações com ligações $1 \rightarrow 6$, conferindo diferenças tecnológicas de usos e aplicações na indústria (BERTOFT, 2004). Para fritura, teores altos de amilose

garantem maior rigidez ao corte, produzindo fatias mais crocantes e com menor absorção de óleo (TAGGART, 2004).

Os chips devem apresentar coloração amarelo claro, e palitos, amarelo dourado (VENDRUSCOLO; ZORZELLA, 2002). O escurescimento não-enzimático é produto da reação de Maillard, em que, sob condições de alta temperatura, os açúcares redutores (glicose e frutose) reagem com aminoácidos, formando compostos de coloração escura (ARAÚJO, 2008). Para a produção de chips, o teor de açúcares redutores nos tubérculos deve ser inferior a 35 mg g^{-1} da matéria seca (VENDRUSCULO; ZORZELLA, 2002).

A manutenção da qualidade durante o armazenamento é importante, pois tanto o mercado de consumo quanto a indústria possuem demanda de batata durante todo o ano. Tubérculos imaturos apresentam maiores teores de sacarose e maior potencial de acúmulo de açúcares redutores durante o armazenamento (SOWOKINOS, 1978).

2.4 Colheita antecipada e precocidade

O desenvolvimento dos tubérculos de batata é sustentado pelo aporte de sacarose que é translocada da parte aérea (fonte) até os tubérculos (dreno). A sacarose é o principal açúcar associado à maturidade química dos tubérculos (ROSS; DAVIES, 1992), estando relacionado à regulação da atividade da amido sintase e do metabolismo de açúcares redutores (GEIGENBERGER, 2003). Durante a fase de maturação, os tubérculos atingem o teor mínimo de açúcares, que se relaciona à disponibilidade de condições ambientais e a caracteres genéticos (SOUZA et al., 2011; SABBA et al., 2007). O uso de cultivares de batata com maturação precoce é indicado em latitudes do extremo norte, onde o período favorável do verão é relativamente curto (ESSAH; HONEYCUTT, 2004) e, em latitudes subtropicais, onde são realizadas duas safras anuais (FOTI, 1999), a exemplo do que ocorre no sul do Brasil.

Colheitas precoces possibilitam selecionar clones de tuberização e maturação precoce, cujo desempenho é superior nessas condições (SÖĞÜT; ÖZTÜRK, 2011). Geremew et al. (2007) estudaram a produção e partição de massa seca de quatro

cultivares em quatro colheitas sucessivas. A cultivar mais precoce teve o maior crescimento aos 72 dias após o plantio, mas menor produtividade no final do ciclo de 101 dias. Apesar do pior desempenho ao final do ciclo, cultivares de ciclo curto possibilitam colheita precoce, atendendo a demanda de matéria prima para indústria ou do mercado consumidor.

3 CAPÍTULO I

INTERAÇÃO GENÓTIPO X AMBIENTE E GANHO DE SELEÇÃO PARA CARACTERES DE QUALIDADE DE TUBÉRCULOS EM BATATA

3.1 Introdução

A batata (*Solanum tuberosum* L.), presente na alimentação da população humana ao redor do mundo, é cultivada no Brasil em locais de altitude elevada e em áreas baixas, sob diferentes condições ambientais. Na região sul do Brasil, a batata é cultivada na primavera e no outono, nas áreas de altitude inferior a 600m e, no verão, em locais de altitude superior (HELDWEIN et al., 2009). As safras de primavera e verão de altitude produzem tubérculos com melhor qualidade de processamento (SOUZA, 2010), enquanto que, no cultivo de outono, a qualidade dos tubérculos tem sido relatada como inferior (SOUZA et al., 2011; FREITAS et al., 2006; PASTORINI et al., 2003).

Alterações no padrão de consumo da população urbana têm provocado aumento no consumo da batata processada (FERREIRA et al., 2008). A batata frita deve possuir consistência firme, ser crocante e sem excesso de gordura, além de apresentar coloração clara ou amarelo dourado (GRIZOTTO, 2005). Para atingir o padrão de qualidade, os tubérculos destinados ao processamento também devem apresentar teores de matéria seca superior a 21% e de açúcares redutores inferior a 35 mg g^{-1} de matéria seca (VENDRUSCOLO; ZORZELLA, 2002). Essas características são genéticas, mas dependentes das condições ambientais de cultivo (SOUZA et al., 2011).

O amido, principal componente da matéria seca dos tubérculos, é constituído por amilose e amilopectina. A amilose é um polissacrídeo linear, enquanto que a amilopectina é uma molécula ramificada, onde cadeias de (1→4)-α-D-glicose são conectadas por ligações α(1→6) (BLENNOW, 2004). Para a fritura, teores mais

elevados de amilose garantem maior rigidez ao corte, produzindo fatias mais crocantes e com menor absorção de óleo (TAGGART, 2004).

A recomendação de cultivares de batata é baseada no desempenho superior nos diferentes locais de avaliação, sendo que, para isso, é utilizada a seleção do fenótipo. O fenótipo é o somatório dos efeitos de cultivar, de ambiente e da interação genótipo x ambiente (TAI, 2007; CRUZ; REGGAZZI, 1997). A interação genótipo x ambiente ocorre pela variabilidade genética entre os clones avaliados ou pela falta de correlação no desempenho dos diferentes clones nos ambientes avaliados. A correlação baixa, por sua vez, indica que o desempenho superior de um clone em um ambiente, normalmente, não será mantido em outro ambiente. Neste caso a presença da interação genótipo x ambiente é um fator perturbador e afeta a predição dos ganhos de seleção (CRUZ; REGGAZZI, 1997).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a interação genótipo x ambiente e o ganho de seleção para caracteres de qualidade de tubérculos de batata produzidos em diferentes condições de cultivo da região Sul do Brasil.

3.2 Material e métodos

Foram conduzidos em Júlio de Castilhos/RS, um experimento na primavera com plantio em 30 de agosto e colheita em 20 de dezembro de 2007, e um experimento de outono, com plantio em 28 de fevereiro e colheita em 13 de junho de 2008. Na estação experimental da EPAGRI, em São Joaquim/SC, foi conduzido um experimento de verão, com plantio em 8 de novembro de 2007 e colheita dia 5 de março de 2008. O manejo e os tratos culturais seguiram as recomendações para o cultivo da batata para alto potencial produtivo (BISOGNIN 1996; EPAGRI, 2002).

Os clones avaliados (SJSM01263-1, SJSM01263-6, SJSM01212-1, SJSM01275-3, SJSM99159-8, SJSM00211-3, SJSM04514-2, SJSM04503-6, SJSM04503-9, SJSM03475-31, SJSM03425-26, SJSM02382-28, SJSM02377-33, SJSM02317-3, SJSM02339-1, SJSM02349-1) pertencem aos Programas de Genética e Melhoramento de Batata da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI) e foram selecionados para caracteres de rendimento e

adaptação as condições de dois cultivos anuais (sub-tropical com altitude inferior a 600 m) no Rio Grande do Sul e um cultivo anual (condição temperada com altitude de 1400 m) em São Joaquim/SC. As cultivares Asterix e Atlantic foram utilizadas como testemunha.

Para cada plantio, os tubérculos semente foram tratados para a quebra da dormência com solução de ácido giberélico a 30 mg L^{-1} (BENEDETTI et al., 2005) e armazenados em câmara climatizada à temperatura de 20 ºC e umidade relativa do ar de 80%. Os tubérculos foram plantados quando se encontravam em estágio fisiológico de plena brotação (BISOGNIN; STRECK, 2009). Os experimentos foram instalados em fatorial (genótipos x ambientes) no delineamento em blocos casualizados, com duas repetições. A unidade experimental foi constituída de dez plantas (covas), em fileira única, espaçadas em 0,75 m entre fileiras e 0,30 m na fileira. Após a colheita, os tubérculos foram armazenados por 15 dias nas mesmas condições descritas anteriormente, para suberização da casca e estabilização da sua composição bioquímica (MÜLLER et al., 2009).

Para determinar a coloração de chips, foram utilizadas duas fatias transversais e centrais com 2 mm de espessura, obtidas de cinco tubérculos de cada parcela. O processamento dos chips foi realizado em fritadeira industrial a gás (Top Taylor, modelo TTF-35 G), imergindo-se as fatias em gordura vegetal a 180 ºC, até cessar as borbulhas. As amostras foram colocadas sobre papel para absorver o excesso de gordura e, após, submetidas à leitura visual de cor de chips, atribuindo notas de 2 (mais claro) a 10 (mais escuro) (BISOGNIN; DOUCHES, 2002). Uma fatia central de 1 cm de espessura, coletada da porção transversal dos tubérculos da amostra, foi picada e acondicionada em embalagem de papel para se obter a massa úmida. As amostras foram secas em estufa de ventilação forçada a 60 ºC, até massa constante, e quantificada a matéria seca dos tubérculos.

A quantificação dos açúcares redutores da amostra foi realizada pelo método do 2,4-Dinitrofenol, conforme metodologia proposta por Long e Chism (2010) e adaptações em Freitas et al. (2006). O amido foi quantificado utilizando digestão ácida, seguida de quantificação colorimétrica dos açúcares redutores com reagente 2,4-Dinitrofenol, conforme metodologia proposta por Freitas et al. (2006). A fração amilose do amido foi determinada colorimetricamente pela leitura em espectrofotômetro da absorbância do complexo iodo-amido (GILBERT; SPRAGG,

1964). Todas as determinações obtidas por colorimetria foram realizadas em duplicata.

Os dados obtidos em cada experimento foram submetidos à análise de variância conforme o modelo estatístico em blocos casualizados:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + \varepsilon_{ij} \quad (1)$$

Sendo:

Y_{ij}: valor observado para o genótipo i no bloco j;

μ: média geral;

T_i: efeito do i-ésimo genótipo;

B_j: efeito do j-ésimo bloco;

ε_{ij}: erro aleatório.

Para a análise conjunta dos experimentos, os genótipos (clones) foram considerados como efeito fixo e ambientes como efeito aleatório. A análise de k = 2 blocos, i = 18 genótipos e j = 3 ambientes foi realizada conforme o modelo estatístico da análise conjunta (CRUZ, 2001):

$$Y_{ijk} = \mu + G_j + A_i + GA_{ij} + B/A_{jk} + \varepsilon_{ijk} \quad (2)$$

Sendo:

Y_{ijk}: valor observado para o genótipo i na repetição k, no ambiente j;

μ: média geral;

G_i: efeito do i-ésimo genótipo;

A_j: efeito do j-ésimo ambiente;

GA_{ij}: efeito da interação do i-ésimo genótipo com o j-ésimo ambiente;

B/A_{jk}: efeito do k-ésimo bloco dentro do j-ésimo ambiente;

ε_{ijk}: erro aleatório.

Os estimadores das variâncias genética ($\hat{\sigma}_g^2$), ambiental ($\hat{\sigma}^2$), interação genótipo x ambiente ($\hat{\sigma}_{g*a}^2$), fenotípica ($\hat{\sigma}_f^2$) e os coeficientes de herdabilidade ($\hat{h}^2$) e

de variação genética (CV_g) (Tabela 2) foram obtidos pelas esperanças matemáticas dos quadrados médios da análise de variância conjunta.

Tabela 2 – Estimadores dos parâmetros genéticos da análise conjunta de variância.

Parâmetro estimado	Equação
Variância genética	$(\hat{\sigma}_g^2 = QMG - QMGA/ar)$
Variância da interação genótipo x ambiente	$(\hat{\sigma}_{g*a}^2 = QMGA - QMR/r)$
Variância ambiental	$(\hat{\sigma}^2 = QMR)$
Variância fenotípica	$(\hat{\sigma}_f^2 = \hat{\sigma}_g^2 + \hat{\sigma}_{g*a}^2/a + \hat{\sigma}^2/ar)$
Coeficiente de herdabilidade	$(\hat{h}^2 = \hat{\sigma}_g^2/\hat{\sigma}_f^2)$
Coeficiente de variação genética	$(CV_g = \hat{\sigma}_g^2/\mu * 100)$

QMG: quadrado médio de genótipo, QMGA: quadrado médio da interação genótipo x ambiente, QMR: quadrado médio do resíduo, a: número de ambientes, r: número de repetições, μ: média geral.

A homogeneidade das variâncias residuais foi testada pelo método do F máximo, que considera as variâncias residuais homogêneas quando a relação entre os quadrados médios residuais não ultrapassa o valor 7. Quando não satisfeita essa condição, promoveu-se a correção dos graus de liberdade (CRUZ; REGAZZI, 1997).

O estimador da correlação fenotípica (*Rf*) entre pares de ambientes foi obtida pela equação:

$$Rf = \frac{C\hat{o}v(y_1, y_2)}{\sqrt{\hat{V}(y_1)\hat{V}(y_2)}} \quad (3)$$

Sendo:

$C\hat{o}v$: covariância entre os ambientes;

$\hat{V}$:0 variância do ambiente.

Os ganhos de seleção entre pares de ambientes foram estimados pela equação:

$$GS_{jj'} = h_j^2 DS_{jj'} \quad (4)$$

Sendo:

$GS_{jj'}$: é o ganho no ambiente j, com seleção baseada no ambiente j';

h_j^2: herdabilidade do ambiente j;

$DS_{jj'}$: é o diferencial de seleção no ambiente j, no qual os indivíduos selecionados são os de melhor desempenho no ambiente j'.

A identificação dos melhores clones foi realizada com base na soma de postos proposta por Mulamba e Mock (1978). Os clones foram classificados em relação a cada um dos caracteres, em ordem favorável ao melhoramento (cor de chips e açúcares redutores com o menor valor e os demais caracteres com o maior valor). A ordem de classificação para todos os caracteres foi somada, produzindo um índice para cada clone o qual foi utilizado na seleção (CRUZ; REGAZZI, 1997). A estimativa dos ganhos com a seleção foi calculada pela expressão:

$$GS = (\overline{X}_s - \overline{X}_o)h^2 \quad (5)$$

Sendo:

GS: Ganho de seleção;

$\overline{X}_s$: média da população selecionada;

$\overline{X}_o$: média da população original;

h^2: herdabilidade do caráter.

As análises foram realizadas com o auxilio dos Softwares Microsoft Office Excel 2007 e Genes (CRUZ, 2001).

3.3 Resultados e discussão

A análise de variância do cultivo de primavera mostrou variação de genótipos significativa ($p \leq 0,05$) para matéria seca, amido e amilose (Tabela 3). No verão, foi observada variabilidade genética para os caracteres cor de chips, matéria seca, amido e amilose, enquanto que, no outono, o efeito de genótipos foi significativo para matéria seca e amido.

O teor de açúcares redutores foi o caractere mais influenciado pelas variações do ambiente, apresentando maiores amplitude de médias e de coeficientes de variação entre os ambientes (Tabela 3). A diferença entre os ambientes ocorre devido a fatores intrínsecos do caractere, cuja expressão depende da maturidade dos tubérculos (SABBA et al., 2007, THOMPSON et al., 2008), enquanto que a precisão experimental foi comprometida pelo baixo número de repetições utilizadas.

Tubérculos colhidos no verão apresentaram, em média, cor de chips mais clara e maior teor de matéria seca, ou seja, melhor qualidade de processamento. Este resultado era esperado, uma vez que durante o cultivo de altitude estão disponíveis condições mais favoráveis para o desenvolvimento, crescimento e maturação dos tubérculos, que estão relacionados à qualidade de processamento superior (SOUZA et al., 2011).

Conforme resultados da analise conjunta de variância (Tabela 4), o componente da interação genótipo x ambiente foi significativo ($p \leq 0,05$) para os caracteres matéria seca, amido e amilose. O caractere amilose foi o mais influenciado pelo efeito da interação genótipo x ambiente, cuja variância da interação superou em 10 vezes a variância genética. Este resultado mostra que a interação é importante na expressão fenotípica da amilose, mas não significativa para açúcares redutores e cor de chips, que apresentaram maior variância ambiental.

Os coeficientes de herdabilidade oscilaram entre 0,82 e 0,14 (Tabela 4). A estimativa da herdabilidade é dependente da magnitude da variância genética e residual, além da interação genótipo x ambiente. Assim, os baixos valores de variância genética para cor de chips, açúcares redutores e amilose geraram baixos coeficientes de herdabilidade, para os quais, segundo Cruz e Regazzi (1997), são esperados ganhos genéticos reduzidos.

Tabela 3 – Resumo da análise de variância individual e parâmetros genéticos para cor de chips, matéria seca (%), açúcares redutores (mg g de MS^{-1}), amido (% da matéria seca) e amilose (% do amido) dos tubérculos de diferentes clones de batata.

Fontes de variação	GL	CC	MS	AR	AM	AL
			Primavera			
			Quadrados médios			
Genótipo	17	0,42^{ns}	5,19*	89,86^{ns}	45,60*	7,43*
Blocos	1	1,78	0,28	4,57	0,18	2,22
Erro	17	0,42	0,61	71,93	6,97	1,90
Média		4,78	20,34	11,38	82,97	24,41
CV%		13,64	3,83	74,53	3,18	5,65
Vg		0,00	2,29	8,97	19,31	2,77
Vr		0,21	0,30	35,96	3,48	0,95
h^2		0,00	0,88	0,20	0,85	0,74
CVg		0,00	7,44	26,32	5,30	6,81
			Verão			
			Quadrados médios			
Genótipo	17	0,88*	1,98*	38,02^{ns}	38,61*	25,97*
Blocos	1	1,00	0,05	56,40	0,35	63,28
Erro	17	0,12	0,24	31,95	7,90	9,42
Média		4,06	23,53	13,92	83,48	23,20
CV%		8,46	2,09	40,61	3,37	13,23
Vg		0,38	0,87	3,04	15,36	8,28
Vr		0,06	0,12	15,97	3,95	4,71
h^2		0,87	0,88	0,16	0,80	0,64
CVg		15,18	3,96	12,52	4,69	12,40
			Outono			
			Quadrados médios			
Genótipo	17	1,07^{ns}	2,75*	175,76^{ns}	39,71*	13,86^{ns}
Blocos	1	0,03	1,91	12,15	13,88	4,89
Erro	17	0,97	0,63	108,89	15,76	6,64
Média		6,42	21,49	30,88	79,81	25,61
CV%		15,34	3,70	33,79	4,97	10,06
Vg		0,05	1,06	33,44	11,98	3,61
Vr		0,48	0,32	54,44	7,88	3,32
h^2		0,10	0,77	0,38	0,60	0,52
CVg		3,56	4,79	18,72	4,34	7,42

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F, ^{ns}; não significativo ($p \leq 0,05$), GL: grau de liberdade, CC: cor de chips, MS: matéria seca (%), AR: açúcares redutores (mg g de MS^{-1}), AM: amido (% MS), AL: amilose (% AM), Vg: variância genética, Vr: variância ambiental, h^2: herdabilidade, CVg: coeficiente de variação genético.

Tabela 4 – Resumo da análise conjunta de variância e parâmetros genéticos para cor de chips, matéria seca (% da matéria fresca), açúcares redutores (mg g de MS^{-1}), amido (% da matéria seca) e amilose (% do amido) dos tubérculos de diferentes clones de batata.

Fonte de variação	GL	CC	MS	AR	AM	AL
		Quadrados médios				
Blocos/Ambiente	3	0,94	0,75	24,37	4,80	23,46
Genótipo	17	1,00 ^{ns}	7,21*	114,54 ^{ns}	73,55*	17,44 ^{ns}
Ambiente	2	52,69*	93,77*	4048,37*	141,88*	52,30 ^{ns}
Genótipo x ambiente	34	0,86 ^{ns}	1,35*	94,55 ^{ns}	25,19*	14,91*
Erro	51	0,76	0,49	70,92	10,21	5,99
Média		5,08	21,78	18,73	82,09	24,41
CV(%)		17,10	3,23	44,97	3,89	10,02
Vg		0,02	0,98	3,33	8,06	0,42
Vc*a		0,05	0,40	11,16	7,07	4,22
Vr		0,76	0,49	70,92	10,21	5,99
Vf		0,17	1,19	18,87	12,12	2,82
h^2		0,14	0,82	0,18	0,67	0,15
CVg		3,03	4,54	9,75	3,46	2,66

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F, ^{ns}; não significativo ($p \leq 0,05$), GL: grau de liberdade, CC: cor de chips, MS: matéria seca (%), AR: açúcares redutores (mg g de MS^{-1}), AM: amido (% MS), AL: amilose (% AM), Vg: variância genética, Vr: variância ambiental, h^2: herdabilidade, CVg: coeficiente de variação genético.

Os clones SJSM01275-3, SJSM99159-8, SJSM00211-3, SJSM04503-6, SJSM02382-28 e SJSM02377-33 na primavera, e SJSM01275-3, SJSM04503-9, SJSM03425-26, SJSM02377-33, SJSM02317-3 no outono, não diferiram da cultivar Atlantic para todos os caracteres avaliados (Tabela 5). Tubérculos colhidos no outono apresentaram maior teor de açúcares redutores e chips de coloração mais escura. A qualidade inferior no outono foi relatada em estudos anteriores (FREITAS et al., 2006; MÜLLER et al., 2009; SOUZA et al., 2011), concordando com os resultados obtidos no presente trabalho.

No cultivo de verão, os clones SJSM03425-26 e SJSM02382-28 apresentaram cor de chips superior a Atlantic, enquanto que os clones SJSM02377-33, SJSM04503-9, SJSM04514-2, SJSM99159-8, SJSM01275-3 e SJSM01263-6 produziram tubérculos com maior percentual de amilose em relação à melhor testemunha.

Tabela 5 – Cor de chips, matéria seca (% da matéria fresca), açúcares redutores (mg g de MS^{-1}), amido (% da matéria seca) e amilose (% do amido) dos tubérculos de 18 clones de batata obtidos em três ambientes de cultivo.

	CC	MS	AR	AM	AL
Primavera					
SJSM01263-1	5,0 a*	20,3 b	9,0 a	70,6 b	21,9 a
SJSM01263-6	5,5 a	19,4 b	8,7 a	84,9 a	22,0 a
SJSM01212-1	4,5 a	19,3 b	8,4 a	84,9 a	27,0 a
SJSM01275-3	5,0 a	21,7 a	7,5 a	86,3 a	23,4 a
SJSM99159-8	4,5 a	21,5 a	27,4 a	85,0 a	23,8 a
SJSM00211-3	5,0 a	22,5 a	6,4 a	83,4 a	26,1 a
SJSM04514-2	5,5 a	20,5 b	12,6 a	87,1 a	27,4 a
SJSM04503-6	5,0 a	22,5 a	8,6 a	81,1 a	22,0 a
SJSM04503-9	5,0 a	18,7 c	13,1 a	78,5 b	24,0 a
SJSM03475-31	4,5 a	17,1 c	7,2 a	81,4 a	23,1 a
SJSM03425-26	5,0 a	19,6 b	6,5 a	84,8 a	25,0 a
SJSM02382-28	4,5 a	22,1 a	13,0 a	89,2 a	26,0 a
SJSM02377-33	5,0 a	22,9 a	5,3 a	84,6 a	27,9 a
SJSM02317-3	5,0 a	19,4 b	26,5 a	80,5 a	24,9 a
SJSM02339-1	4,0 a	18,2 c	19,5 a	74,2 b	22,9 a
SJSM02349-1	5,0 a	19,9 b	5,3 a	83,0 a	22,5 a
Asterix	4,0 a	19,8 b	13,0 a	85,0 a	25,8 a
Atlantic	4,0 a	21,1 a	6,7 a	89,0 a	23,9 a
Verão					
SJSM01263-1	4,0 b	23,2 b	13,0 a	80,4 b	22,0 b
SJSM01263-6	4,0 b	22,5 b	12,9 a	90,0 a	27,2 a
SJSM01212-1	3,5 a	23,0 b	10,3 a	75,6 b	26,3 a
SJSM01275-3	3,5 a	23,4 b	14,4 a	87,9 a	29,5 a
SJSM99159-8	4,0 b	24,0 a	18,1 a	85,0 a	23,9 a
SJSM00211-3	4,0 b	24,4 a	14,6 a	82,4 b	28,4 a
SJSM04514-2	4,0 b	24,2 a	16,6 a	85,2 a	24,0 a
SJSM04503-6	4,0 b	24,8 a	21,5 a	78,9 b	20,7 b
SJSM04503-9	4,0 b	22,9 b	12,3 a	86,8 a	25,7 a
SJSM03475-31	4,5 b	21,5 b	6,5 a	81,1 b	21,8 b
SJSM03425-26	3,0 a	24,0 a	10,5 a	74,5 b	20,9 b
SJSM02382-28	3,0 a	24,0 a	13,7 a	82,3 b	18,0 b
SJSM02377-33	4,0 b	25,6 a	11,2 a	88,8 a	27,5 a
SJSM02317-3	4,0 b	23,7 a	21,2 a	80,7 b	21,1 b
SJSM02339-1	4,0 b	22,2 b	14,2 a	85,0 a	23,2 b
SJSM02349-1	5,5 c	23,2 b	6,0 a	84,0 a	17,2 b
Asterix	5,5 c	22,9 b	19,6 a	87,9 a	19,1 b
Atlantic	4,5 b	24,2 a	14,2 a	86,2 a	21,5 b

...continua

Continuação...

	CC	MS	AR	AM	AL
Outono					
SJSM01263-1	7,0 a	19,8 b	32,3 a	75,1 b	21,9 b
SJSM01263-6	6,0 a	19,8 b	30,3 a	86,3 a	27,9 a
SJSM01212-1	7,0 a	20,6 b	24,2 a	71,6 b	25,4 a
SJSM01275-3	6,0 a	22,1 a	17,3 a	86,0 a	25,8 a
SJSM99159-8	6,0 a	21,3 a	26,6 a	80,1 a	23,2 b
SJSM00211-3	6,5 a	22,2 a	27,4 a	76,7 b	21,2 b
SJSM04514-2	6,0 a	23,2 a	32,9 a	77,5 b	24,9 b
SJSM04503-6	7,0 a	21,4 a	24,8 a	74,9 b	24,4 b
SJSM04503-9	7,0 a	21,7 a	25,1 a	83,9 a	27,4 a
SJSM03475-31	6,5 a	19,9 b	43,8 a	82,7 a	29,2 a
SJSM03425-26	5,0 a	22,9 a	39,0 a	80,0 a	26,1 a
SJSM02382-28	5,0 a	21,9 a	59,2 a	80,0 a	22,6 b
SJSM02377-33	6,5 a	22,6 a	33,6 a	79,6 a	25,5 a
SJSM02317-3	6,5 a	23,2 a	33,1 a	81,1 a	29,8 a
SJSM02339-1	6,0 a	21,4 a	25,9 a	73,0 b	29,4 a
SJSM02349-1	6,5 a	20,2 b	27,9 a	78,7 b	22,5 b
Asterix	8,0 a	20,3 b	30,6 a	82,7 a	26,6 a
Atlantic	7,0 a	22,5 a	22,0 a	86,5 a	27,3 a

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna e dentro do ambiente não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro, CC: cor de chips, MS: matéria seca (% da matéria fresca, AR: açúcares redutores (mg g^{-1} de MS), AM: amido (% da MS), AL: amilose (% do AM).

Os coeficientes de correlação fenotípica apontam maior similaridade entre os ambientes de verão e outono (Tabela 6). Entretanto, para os caracteres de matéria seca e açúcares redutores existe maior similaridade entre verão e primavera. Os ambientes menos similares para a seleção de clones foram primavera e outono, para os quais não foi observada correlação fenotípica significativa. Os baixos índices de correlação sugerem que, o clone superior em um ambiente, não terá o mesmo desempenho no outro, fato que tem dificultado a obtenção de cultivares adaptadas a dois cultivos anuais (MÜLLER, 2008). Esse resultado pode estar associado a condições ambientais contrastantes de radiação solar, temperatura do ar e fotoperíodo, que caracterizam os cultivos de primavera e outono (HELDWEIN et al., 2009), tornando o outono menos favorável ao crescimento das plantas (BISOGNIN et al., 2008).

A resposta direta a seleção foi superior à resposta indireta (Tabela 7), como consequência da expressão utilizada para estimar estes parâmetros (CRUZ;

REGAZZI, 1997). Na seleção para cor de chips apenas o verão apresentou ganhos genéticos expressivos. Em pesquisas anteriores foi verificado ganhos com a seleção para a cor de chips na primavera (MÜLLER et al., 2009; SOUZA et al., 2011), o que discorda dos resultados deste trabalho. Isso se justifica pelo fato de que os clones avaliados já haviam sido selecionados para cor de chips, o que restringiu a variabilidade genética para este caractere.

Tabela 6 – Correlação fenotípica entre pares de ambientes para caracteres de qualidade de tubérculos de batata.

Ambientes	Correlação fenotípica				
	CC	MS	AR	AM	AL
Primavera x verão	-0,25	0,87*	0,58*	0,17	0,20
Primavera x outono	-0,28	0,41	0,02	0,43	-0,11
Verão x outono	0,68*	0,68*	-0,20	0,58*	0,05

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t. CC: cor de chips; MS: matéria seca (%); AR: açúcares redutores (mg g^{-1}); AM: amido (% MS); AL: amilose (% AM).

Para matéria seca e amido houve maior resposta correlacionada ao ambiente de verão, enquanto que, no outono, os menores coeficientes de herdabilidade minimizaram os ganhos com a seleção nesse ambiente (Tabela 7). Freitas et al. (2006) observou que, no outono, as condições são menos favoráveis para o acúmulo de amido nos tubérculos, corroborando com os resultados deste estudo.

Para açúcares redutores, a seleção no outono apresentou os maiores ganhos genéticos (9,43%) e a menor resposta correlacionada com o verão (-0,64%) e primavera (1,31%). Por outro lado, entre primavera e verão foram obtidos ganhos correlacionados (Tabela 7). Tubérculos colhidos na primavera e no verão apresentaram maturidade química superior se comparados àqueles colhidos no outono, o que pode ser justificado pelas condições climáticas desfavoráveis do outono no estágio de maturação das plantas (SOUZA et al., 2011). No presente estudo, as condições de cultivo do outono resultaram na seleção de clones diferentes daqueles selecionados na primavera e no verão.

O efeito da interação genótipo x ambiente afetou a resposta correlacionada do caractere amilose que apresentou valores reduzidos ou negativos, ou seja, a seleção de clones está condicionada ao ambiente de cultivo (Tabela 7). A interação genótipo x ambiente foi observada anteriormente por Müller et al. (2009), que avaliaram teores de amilose na primavera e no outono, para os quais foram selecionados diferentes clones em cada condição. A introdução do ambiente de verão realizada neste trabalho não possibilitou ganhos correlacionados, o que dificulta a recomendação de clones amplamente adaptados.

Foi observada menor resposta correlacionada para os caracteres de qualidade entre os ambientes de primavera e outono, o que é explicado pela baixa correlação entre estes ambientes. Este resultado constitui em grande desafio para o melhoramento genético da batata nas condições subtropicais onde o cultivo é realizado nas duas épocas do ano. Assim, o cultivo de verão possibilita a seleção dos clones com adaptação ampla, sendo possível utilizar os clones selecionados neste ambiente para os ensaios de adaptação específica nos ambientes de primavera e outono. Para minimizar o efeito negativo da interação genótipo x ambiente, maior número de ambientes de primavera e de outono devem ser considerados.

Apesar de importante ferramenta para a predição dos ganhos genéticos, a resposta correlacionada entre ambientes não leva em consideração a relação entre os caracteres, e que os clones selecionados devem reunir o conjunto de atributos de qualidade (CRUZ; REGAZZI, 1997). A seleção simultânea de caracteres com base no índice da soma de postos proposto por Mulamba e Mock (1978), foi realizada no conjunto de ambientes e em cada ambiente individual (Tabela 8). Na seleção do conjunto de ambientes os clones superiores SMSJ01275-3, SMSJ02377-33, Atlantic, SMSJ00211-3, SMSJ01263-6, SMSJ01212-1 (Rodapé da tabela) representam um ganho total de 7,01%, atribuídos especialmente para os ganhos em matéria seca, açúcares redutores e amido.

No cultivo de primavera, os clones selecionados foram Atlantic, SMSJ02377-33, SMSJ02382-28, SMSJ00211-3, Asterix, SMSJ01212-1, sendo que, com exceção da cultivar Atlantic, todos diferiram dos clones selecionados no outono (Tabela 8). Comparando os ganhos totais entre os ambientes, o outono teve o pior desempenho, o que está de acordo com estudos anteriores, que apontam o cultivo

de outono como desfavorável para a seleção de clones superiores (MÜLLER et al., 2009; SOUZA et al., 2011).

Tabela 7 – Ganho de seleção e resposta correlacionada de três ambientes para caracteres de qualidade de tubérculo de batata.

Caractere	Ambiente de seleção	h^2	Ganho de seleção[1]			
			Primavera	Verão	Outono	Total
Cor de chips[2]	Primavera	0,00	0,00 (0,00)	-0,24 (-5,92)	-0,03 (-0,50)	(-6,42)
	Verão	0,87	0,00 (0,00)	0,48 (11,86)	0,04 (0,64)	(12,50)
	Outono	0,10	0,00 (0,00)	0,41 (10,08)	0,07 (1,14)	(11,22)
Matéria seca (% da matéria fresca)	Primavera	0,88	1,62 (7,97)	0,74 (3,14)	0,33 (1,54)	(12,65)
	Verão	0,88	1,30 (6,37)	0,89 (3,76)	0,55 (2,53)	(12,66)
	Outono	0,77	0,56 (2,76)	0,72 (3,07)	0,97 (4,52)	(10,35)
Açúcares redutores (mg g^{-1} de matéria seca)[2]	Primavera	0,11	1,02 (8,98)	0,55 (3,95)	-0,53 (-1,71)	(11,22)
	Verão	0,14	0,74 (6,54)	0,72 (5,14)	-0,52 (-1,69)	(9,99)
	Outono	0,31	0,15 (1,31)	-0,09 (-0,64)	2,91 (9,43)	(10,10)
Amido (% matéria seca)	Primavera	0,85	3,36 (4,04)	1,81 (2,16)	1,41 (1,76)	(7,96)
	Verão	0,80	1,50 (1,80)	3,56 (4,26)	2,64 (3,30)	(9,36)
	Outono	0,60	1,04 (1,25)	2,53 (3,03)	2,96 (3,70)	(7,98)
Amilose (% amido)	Primavera	0,74	1,70 (6,97)	0,42 (1,79)	-0,66 (-2,57)	(6,19)
	Verão	0,63	0,48 (1,97)	2,69 (11,57)	-0,04 (-0,16)	(13,38)
	Outono	0,52	-0,71 (-2,91)	0,12 (0,49)	1,51 (5,89)	(3,47)

[1] considerando os seis clones superiores, incluindo as testemunhas; valores entre parênteses referem-se ao ganho percentual; [2] valores dos ganhos de seleção foram multiplicados por -1.

Entre os clones selecionados no verão destacam-se SMSJ01275-3, SMSJ01263-6 e SMSJ03425-26, que apresentaram desempenho superior no outono, e os clones SMSJ02377-33, SMSJ01212-1 e SMSJ00211-3, com desempenho superior na primavera. Com este resultado é possível afirmar que a seleção de clones para qualidade de tubérculos nas condições de verão de altitude pode auxiliar programas de melhoramento genético de batata para condições subtropicais com cultivos de primavera e de outono. Entretanto, vale ressaltar que a melhor estratégia para seleção de clones para dois cultivos anuais deve considerar o desempenho médio nos ambientes, a resposta fotoperiódica e o período de dormência dos tubérculos (BISOGNIN et al., 2008; MÜLLER, 2008; SOUZA et al., 2011).

Tabela 8 – Média original dos clones (MCO), média dos clones selecionados (MCS) e ganho de seleção (GS) pelo método da soma de postos proposto por Mulamba e Mock (1978) para caracteres de qualidade de tubérculo de batata.

Caractere	MCO	MCS	GS	GS (%)
		Conjunto[1]		
Cor de chips	5,08	5,08	0,00	0,00
Matéria seca	21,78	22,19	0,34	1,54
Açúcares redutores	18,73	15,29	0,62	3,30
Amido	82,09	83,94	1,24	1,51
Amilose	24,41	25,76	0,20	0,83
Ganho Total			2,40	7,18
		Primavera[2]		
Cor de chips	4,78	4,5	0,00	0,00
Matéria seca	20,34	21,25	0,80	3,94
Açúcares redutores	11,38	8,81	0,28	2,48
Amido	82,97	86,02	2,60	3,13
Amilose	24,41	26,12	1,26	5,17
Ganho Total			4,94	14,72
		Verão[3]		
Cor de chips	4,06	3,67	0,34	8,34
Matéria seca	23,53	23,8	0,24	1,03
Açúcares redutores	13,92	12,31	0,23	1,62
Amido	83,48	83,2	-0,23	-0,27
Amilose	23,2	26,62	2,15	9,28
Ganho Total			2,73	20,00

...continua

Continuação...

Caractere	Média original	Média selecionados	Ganho Seleção	Ganho seleção (%)
		Outono[4]		
Cor de chips	6,42	6,25	0,02	0,26
Matéria seca	21,49	22,01	0,41	1,89
Açúcares redutores	30,88	27,81	0,95	3,09
Amido	79,81	83,98	2,50	3,13
Amilose	25,61	27,41	0,93	3,64
Ganho Total			4,81	12,01

[1] clones selecionados nos três ambientes: SMSJ01275-3, SMSJ02377-33, Atlantic, SMSJ00211-3, SMSJ01263-6, SMSJ01212-1; [2] clones selecionados para o cultivo de primavera: Atlantic, SMSJ02377-33, SMSJ02382-28, SMSJ00211-3, Asterix, SMSJ01212-1; [3] clones selecionados para o cultivo de verão: SMSJ02377-33, SMSJ01275-3, SMSJ01263-6, SMSJ01212-1, SMSJ00211-3, SMSJ03425-26; [4] clones selecionados para o cultivo de outono: SMSJ01275-3, Atlantic, SMSJ02317-3, SMSJ03425-26, SMSJ04503-9, SMSJ01263-6

3.4 Conclusões

O cultivo de verão maximiza os ganhos genéticos, sendo a seleção nesse ambiente correlacionada aos ambientes de primavera e outono.

O efeito da interação genótipo x ambiente prejudica a seleção indireta entre os ambientes para amilose, mas permite resposta correlacionada para matéria seca e amido.

4 CAPÍTULO II

QUALIDADE DE PROCESSAMENTO DE TUBÉRCULOS DE BATATA EM COLHEITA PRECOCE NO RIO GRANDE DO SUL

4.1 Introdução

Durante a fase de tuberização da batata, ocorrem alterações na partição dos assimilados que são alocados nos tubérculos em crescimento. O período de enchimento de tubérculos é dependente de características genéticas e ambientais, sendo diretamente correlacionado com o potencial produtivo (BISOGNIN e STRECK, 2009). Nesse contexto, o desenvolvimento de cultivares precoces é particularmente importante em latitudes do extremo norte, onde o período favorável do verão é relativamente curto (ESSAH; HONEYCUTT, 2004) e em latitudes subtropicais, por possibilitar dois cultivos anuais e o escalonamento da produção (FOTI, 1999).

Clones precoces apresentam início de tuberização antecipado e, normalmente, senescência precoce com menor longevidade foliar (KOOMAN; RABBINGE, 1996). A data do início da tuberização é determinada pela sensibilidade ao fotoperíodo dos clones, sendo variável em função da época de cultivo (BISOGNIN et al., 2008). Cultivares adaptadas a dois cultivos anuais apresentam baixa sensibilidade ao fotoperíodo, coincidindo o inicio da tuberização com o máximo índice de área foliar, que no Rio Grande do Sul ocorre por volta de 70 DAP no outono e na primavera (ZANON, 2011). O período mais curto disponível para os clones precoces deve ser compensando por maior eficiência fotossintética e coeficiente de colheita, garantindo maior eficiência produtiva (SILVA; PINTO, 2005). Assim, é possível que, em condições de curto período favorável, cultivares precoces apresentem desempenho produtivo superior, atendendo a demanda de matéria prima para a indústria ou para o mercado *in natura* (SÖĞÜT; ÖZTÜRK, 2011).

O desenvolvimento dos tubérculos de batata é sustentado pelo aporte de sacarose translocado da parte aérea até os tubérculos. A sacarose é o principal açúcar relacionado à maturidade química dos tubérculos (ROSS; DAVIES, 1992),

estando relacionado à regulação da atividade da amido sintase e do metabolismo de açúcares redutores (GEIGENBERGER, 2003). A fase de maturação pode ser caracterizada pela maturidade fisiológica das plantas, quando os tubérculos atingem o máximo teor de matéria seca (BISOGNIN; STRECK, 2009), ou pela maturidade química, determinada pelos níveis de carboidratos não estruturais nos tubérculos no momento da colheita, especialmente sacarose e hexoses (açúcares redutores). Para o processamento, baixos teores de sacarose são desejáveis em virtude da sua contribuição para a síntese de açúcares redutores durante o armazenamento refrigerado (SOWOKINOS, 1978). Os açúcares redutores estão associados ao escurecimento da batata durante a fritura, o que é indesejável para a qualidade do produto final (VENDRUSCULO; ZORZELLA, 2002).

No Rio Grande do Sul, as condições favoráveis nas estações de primavera e outono são de, aproximadamente, 100 dias, limitadas por ocorrência de calor e frio excessivos respectivamente (SOUZA, 2010). O cultivo de outono é caracterizado por fotoperiodo e temperatura decrescentes (HELDWEIN et al., 2009). Nestas condições, a qualidade química dos tubérculos tem sido relatada como inferior à obtida nas safras de primavera e verão (SOUZA, 2010; MÜLLER et al., 2009; FREITAS et al., 2006), o que justifica o desenvolvimento de cultivares de maturação precoce para se obter ganhos na qualidade de tubérculo também no cultivo de outono. Além disso, a precocidade está associada a menor sensibilidade ao fotoperíodo, o que se aplica ao melhoramento genético da batata para dois plantios por ano (BISOGNIN et al., 2008).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade de processamento de tubérculos de batata em colheita antecipada, visando identificar clones com ciclo precoce de maturidade.

4.2 Materiais e métodos

Foram conduzidos dois ensaios de campo na área experimental da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Sul (FEPAGRO), localizada no município de Júlio de Castilhos (29º10’S e 53º41’O e altitude de 480m). O clima da região é do tipo Cfa, subtropical úmido e com verões quentes, conforme

classificação de Köppen (MORENO, 1961). No experimento de outono, o plantio foi realizado em 05 de março de 2011 e as colheitas aos 70 e 90 dias após o plantio. Na primavera, o plantio foi realizado em 14 de setembro de 2011 e uma única colheita os 70 dias após o plantio.

Foram avaliados os clones SMSJB303-06, SMSJB305-07, SMSJB308-14, SMSJB310-07, SMSJB347-08, SMSJB353-01, SMIJ461-1, SMINIA793101-3 e SMINIA00017-6, provenientes do Programa de Genética e Melhoramento de Batata da Universidade Federal de Santa Maria; e as cultivares Asterix, Atlantic e Macaca. Para cada plantio, os tubérculos semente de batata foram tratados para a quebra da dormência com solução de ácido giberélico a 30 mg L^{-1} (BENEDETTI et al., 2005) e armazenados em câmara climatizada à temperatura constante de 20 ºC e umidade relativa do ar de 80%. Os tubérculos foram plantados em estágio de plena brotação (BISOGNIN; STRECK, 2009). Para os experimentos, foram utilizados 2.000 kg ha^{-1} de NPK da fórmula 5-20-10 e 100 kg de uréia como fonte de N em cobertura 40 dias após o plantio.

Os experimentos foram conduzidos em fatorial (clones x épocas de colheita) no delineamento experimental em blocos casualizados, com três repetições. A unidade experimental foi constituída de oito plantas (covas), em fileira única, espaçadas em 0,75 m entre fileiras e 0,30 m na fileira.

Foram determinados a produtividade e os teores de matéria seca, açúcares redutores e sacarose nos tubérculos de batata. A produtividade foi calculada pela produção total da parcela dividida pelo número de plantas (covas). Nas parcelas onde ocorreu falha de plantas, foram realizadas correções de stand, pelo método da regra de três (CRUZ; CARNEIRO, 2006). Uma amostra dos tubérculos de cada parcela foi picada em cubos com 1 cm de espessura e dividida em duas partes. A primeira parte da amostra foi triturada em liquidificador, para obtenção do extrato aquoso de batata. A segunda parte da amostra foi acondicionada em embalagem de papel, para se obter a massa úmida. Em seguida, a amostra foi colocada para secar em estufa de ventilação forçada a 60 ºC, até massa constante, e quantificada a matéria seca dos tubérculos.

A quantificação dos açúcares redutores da amostra foi realizada pelo método do 2,4-Dinitrofenol, conforme metodologia proposta por Long e Chism (2010) e adaptações em Freitas et al. (2006). A quantificação de sacarose foi realizada pelo

extrato aquoso e reação com Antrona, conforme metodologia descrita em Work et al. (1981). Todas as determinações colorimétricas foram realizadas em duplicata.

Os dados de cada colheita foram submetidos à análise de variância conforme o modelo estatístico:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + \varepsilon_{ij} \quad (6)$$

Sendo:

Y_{ij}: valor observado para o genótipo i no bloco j;

μ: média geral;

T_i: efeito do i-ésimo genótipo;

B_j: efeito do j-ésimo bloco;

ε_{ij}: erro aleatório.

Na análise conjunta dos dados foram considerados genótipos (clones) como efeito fixo e ambiente como efeito aleatório. A análise de k = 3 blocos, i = 12 genótipos e j = 3 ambientes foi realizada conforme o modelo estatístico da análise conjunta (CRUZ, 2001):

$$Y_{ijk} = \mu + G_j + A_i + GA_{ij} + B/A_{jk} + \varepsilon_{ijk} \quad (7)$$

Sendo:

Y_{ijk}= valor observado para o genótipo i na repetição k, no ambiente j;

μ= média geral;

G_i= efeito do i-ésimo genótipo;

A_j= efeito do j-ésimo ambiente;

GA_{ij}= efeito da interação do i-ésimo genótipo com o j-ésimo ambiente;

B/A_{jk}= efeito do k-ésimo bloco dentro do j-ésimo ambiente;

ε_{ijk}= erro aleatório.

A homogeneidade das variâncias residuais foi testada pelo método do F máximo, que considera as variâncias residuais homogêneas quando a relação entre os quadrados médios residuais não ultrapassa o valor 7 (CRUZ; REGAZZI, 1997). Os estimadores variâncias genética ($\hat{\sigma}_g^2$), ambiental ($\hat{\sigma}^2$), fenotípica ($\hat{\sigma}_f^2$),

interação genótipo x ambiente ($\hat{\sigma}^2_{c*a}$) e os coeficientes de herdabilidade ($\hat{h}^2$) e de variação genética (CV_g) (Tabela 9), foram obtidos pelas esperanças matemáticas dos quadrados médios da análise de variância conjunta.

A identificação dos melhores clones foi realizada com base na soma de postos, proposta por Mulamba e Mock (1978). Os clones foram classificados em relação a cada um dos caracteres, em ordem favorável ao melhoramento (sacarose e açúcares redutores com o menor valor e produtividade e matéria seca com o maior valor). A ordem de classificação para todos os caracteres foi somada, produzindo um índice para cada clone utilizado na seleção (CRUZ; REGAZZI, 1997).

Tabela 9 – Estimadores dos parâmetros genéticos da análise conjunta de variância.

Parâmetro estimado	Equação
Variância genética	$(\hat{\sigma}^2_g = QMG - QMGA/ar)$
Variância da interação genótipo x ambiente	$(\hat{\sigma}^2_{g*a} = QMGA - QMR / r)$
Variância ambiental	$(\hat{\sigma}^2 = QMR)$
Variância fenotípica	$(\hat{\sigma}^2_f = \hat{\sigma}^2_g + \hat{\sigma}^2_{g*a} / a + \hat{\sigma}^2 / ar)$
Coeficiente de herdabilidade	$(\hat{h}^2 = \hat{\sigma}^2_g / \hat{\sigma}^2_f)$
Coeficiente de variação genética	$(CV_g = \hat{\sigma}^2_g / \mu * 100)$

QMG: quadrado médio de genótipo, QMGA: quadrado médio da interação genótipo x ambiente, QMR: quadrado médio do resíduo, a: número de ambientes, r: número de repetições, μ: média geral.

As análises foram realizadas com o auxilio dos Softwares Microsoft Office Excel 2007 e Genes (CRUZ, 2001).

4.3 Resultados e discussão

A análise de variância individual mostrou que, nas colheitas aos 90 DAP de outono e 70 DAP de primavera, o efeito de genótipos foi significativo ($p \leq 0,05$) para todas as variáveis (Tabela 10), indicando haver variabilidade genética para a seleção. Os clones de batata também diferiram para os caracteres matéria seca, sacarose e açúcares redutores na colheita aos 70 DAP de outono.

Conforme resultados da análise conjunta de variância, o efeito da interação genótipo x ambiente para produtividade, açúcares redutores e sacarose foi significativo ($p \leq 0,05$). Já para matéria seca, houve influência dos efeitos principais de genótipo e de ambiente (Tabela 11). Os coeficientes de herdabilidade para produtividade, matéria seca, açúcares redutores e sacarose foram 0,58; 0,87; 0,56 e 0,81 respectivamente. Segundo Montalvan (1999), a interpretação da magnitude da herdabilidade deve considerar a precisão experimental e os fatores genéticos intrínsecos do caractere. Dessa forma, os menores valores de herdabilidade para produtividade e açúcares redutores são inerentes à expressão genotípica, que é governada por poligenes (BRADSHAW, 2007).

Os clones não diferiram para a produtividade de tubérculos aos 70 DAP no outono e na primavera (Tabela 12). Zanon (2011), caracterizando o desenvolvimento da batata nas condições de Santa Maria, observou que por volta dos 70 DAP no outono e na primavera as plantas atingem o IAF máximo e o início da fase de tuberização. Definida por caracteres genéticos, a tuberização precoce nas duas épocas de cultivo, simultaneamente, está associada à baixa sensibilidade ao fotoperíodo (BISOGNIN et al., 2008). No presente estudo, os clones utilizados já haviam sido selecionados para dois cultivos anuais, limitando a população a clones de baixa sensibilidade ao fotoperíodo, fato que pode ter reduzido a variabilidade genética aos 70 DAP. Aos 90 DAP de outono, o clone SMINIA00017-6 foi o mais produtivo, não diferindo dos clones SMINIA793101-3, SMSJB303-6, SMSJB308-14, SMSJB353-1 e das cultivares Asterix e Macaca. A superioridade destes clones pode ser explicada pela maior eficiência fotossintética durante a fase de tuberização, que acarretou na maior alocação de assimilados nos tubérculos em crescimento (SILVA; PINTO, 2005).

Tabela 10 – Resumo da análise de variância individual e parâmetros genéticos para produtividade (g cova^{-1}), matéria seca (% da matéria fresca), açúcares redutores (mg g de MS^{-1}) e sacarose (mg g^{-1} de matéria fresca) de tubérculos de clones de batata em colheita precoce.

Fontes de variação	GL	Produtividade (g cova^{-1})	Matéria seca (% da matéria fresca)	Açúcares redutores (mg g^{-1} de matéria seca)	Sacarose (mg g^{-1} de matéria fresca)
			70 dias após o plantio de outono		
			Quadrados médios		
Blocos	2	4.250,93	1,58	106,49	112,52
Genótipos	11	9.087,73^{ns}	2,97*	146,23*	66,32*
Erro	22	4.376,88	0,54	48,39	10,01
Média		196,99	16,80	16,73	13,30
CV%		33,58	4,37	41,59	23,78
Vg		1.570,28	0,81	32,61	18,77
Vr		1.458,96	0,18	16,13	3,34
CVg		20,12	5,36	34,15	32,57
h^2		0,52	0,82	0,67	0,85
			90 dias após o plantio de outono		
			Quadrados médios		
Blocos	2	58.105,63	8,48	86,19	81,50
Genótipos	11	26.350,03*	2,57*	181,25*	59,71*
Erro	22	9.450,93	0,99	46,13	14,99
Média		402,77	18,65	24,00	11,44
CV%		24,14	5,33	28,30	33,84
Vg		5.633,03	0,53	45,04	14,90
Vr		3.150,31	0,33	15,38	5,00
CVg		18,63	3,90	27,96	33,74
h^2		0,64	0,62	0,75	0,75
			70 dias após o plantio de primavera		
			Quadrados médios		
Blocos	2	7.516,77	1,38	94,71	0,71
Genótipos	11	14.260,20*	4,57*	360,96*	13,14*
Erro	22	5.421,38	1,37	53,86	2,63
Média		237,58	19,02	44,29	9,33
CV%		30,99	6,14	16,57	17,37
Vg		2.946,28	1,07	102,37	3,50
Vr		1.807,13	0,46	17,95	0,88
CVg		22,85	5,43	22,85	20,07
h^2		0,62	0,70	0,85	0,80

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F, ^{ns}, não significativo ($p \leq 0,05$), GL: grau de liberdade, Vg: variância genética, Vr: variância ambiental, h^2: herdabilidade, CVg: coeficiente de variação genético.

Tabela 11 – Resumo da análise conjunta de variância e parâmetros genéticos para produtividade (g cova^{-1}), matéria seca (% da matéria fresca), açúcares redutores (mg g^{-1} de matéria seca) e sacarose (mg g^{-1} de matéria fresca) de tubérculos de clones de batata em colheita precoce.

Fontes de variação	GL	PD	MS	AR	SC
		Quadrado médio			
Bloco/Ambiente	6	41,45	3,81	95,79	64,91
Genótipo	11	37,83*	8,06*	362,18^{ns}	99,31*
Ambiente	2	608,49*	51,02*	7345,11*	142,33 ^{ns}
Genótipo*Ambiente	22	16,47*	1,03^{ns}	163,13*	19,93*
Erro	66	9,22	0,96	49,46	9,21
Média		10,59	18,16	28,34	11,36
CV(%)		28,67	5,41	24,82	26,72
Vg		2,37	0,78	22,12	8,82
Vc*a		2,22	0,02	34,73	3,28
Vr		9,22	0,96	49,46	9,21
Vf		4,14	0,89	39,19	10,93
h^2		0,57	0,87	0,56	0,81
CVg		14,55	4,87	16,60	26,15

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F, ^{ns}, não significativo ($p \leq 0,05$), GL: grau de liberdade, PD: produtividade de tubérculos (g cova^{-1}), MS: matéria seca (% de matéria fresca), AR: açúcares redutores (mg g^{-1} de MS), SC: sacarose (mg g^{-1} de matéria fresca), Vg: variância genética, Vc*a: variância da interação genótipo x ambiente, Vr: variância ambiental, Vf: variância fenotípica, h^2: herdabilidade, CVg: coeficiente de variação genético.

Os teores de sacarose nos tubérculos diferiram ($p \leq 0,05$) entre as colheitas apenas para os clones SMINIA793101-3 e SMINIA00017-6, que apresentaram menores teores aos 70 DAP de primavera (Tabela 12). A sacarose é um parâmetro bioquímico dos tubérculos, para o qual se observa redução dos teores com a maturidade (ROSS; DAVIES, 1992). Considerando o desempenho da maioria dos clones, é possível afirmar que a maturidade bioquímica dos tubérculos foi similar nas três colheitas avaliadas. Entretanto, houve diferença no desempenho dos clones entre as épocas, o que sugere que a interação genótipo x ambiente afeta a expressão da maturidade bioquímica.

A colheita aos 70 DAP de primavera produziu tubérculos com maior teor de açúcares redutores, não diferindo dos tubérculos colhidos aos 90 DAP do outono

para os clones SMINIA793101-3, SMIJ461-1, Macaca e SMSJB347-8 (Tabela 12). Sabba et al. (2007), comparando tubérculos de duas safras, obteve maior teor de açúcares redutores no ano em que ocorreram temperaturas mais elevadas durante a tuberização, o que está mais próximo das condições de cultivo de primavera.

O desempenho dos clones em relação ao teor de açúcares redutores diferiu entre as colheitas, ou seja, existe variação entre as colheitas e a interação genótipo x ambiente afeta o resultado da seleção de clones. A estimativa da variância genética para esse caractere foi baixa (Tabela 11), o que pode estar relacionado ao momento da avaliação dos tubérculos ter sido imediatamente após a colheita. Segundo Ross e Davies (1992), para o teor de açúcares redutores as diferenças entre os clones são menores imediatamente após a colheita, aumentando gradativamente, de acordo com a atividade da invertase ácida, durante o armazenamento dos tubérculos.

Tabela 12 – Produtividade (g cova^{-1}), sacarose (mg g massa fresca^{-1}) e açúcares redutores (mg g massa seca^{-1}) de tubérculos de batata em colheitas aos 70 e 90 dias após o plantio de outono e aos 70 dias após o plantio de primavera.

Clone	70 DAP outono	90 DAP outono	70 DAP primavera	Média
		Produtividade (g cova^{-1})		
Asterix	270,6 Ba	479,0 Aa	239,5 Ba	329,72
Atlantic	145,9 Ba	260,9 Ab	142,0 Ba	182,93
Macaca	194,9 Ba	409,3 Aa	232,6 Ba	278,93
SMIJ461-1	222,4 Aa	315,9 Ab	287,6 Aa	275,27
SMINIA793101-3	174,2 Ba	473,3 Aa	218,1 Ba	288,54
SMINIA00017-6	180,2 Ba	548,6 Aa	261,7 Ba	330,18
SMSJB303-6	173,5 Ba	515,3 Aa	137,1 Ba	275,29
SMSJB305-7	211,7 Aa	363,8 Ab	313,2 Aa	296,22
SMSJB308-14	304,7 Aa	438,3 Aa	363,2 Aa	368,73
SMSJB310-7	146,4 Aa	306,0 Ab	276,4 Aa	242,91
SMSJB347-8	108,8 Ba	295,9 Ab	158,2 Ba	187,62
SMSJB353-1	230,7 Aa	426,9 Aa	221,4 Aa	293,00
Média	196,99	402,77	237,58	279,11

...continua

Continuação...

Clone	70 DAP outono	90 DAP outono	70 DAP primavera	Média
	Açúcares redutores (mg g^{-1} de matéria seca)			
Asterix	21,7 Ab	19,9 Aa	67,1 Bc	36,2
Atlantic	23,2 Ab	22,7 Aa	34,5 Ba	26,8
Macaca	15,6 Ab	36,2 Ab	49,9 Ab	33,9
SMIJ461-1	18,8 Ab	21,8 Aa	40,0 Aa	26,9
SMINIA793101-3	18,4 Ab	25,1 Aa	29,7 Aa	24,4
SMINIA00017-6	19,9 Ab	13,6 Aa	35,8 Ba	23,1
SMSJB303-6	17,2 Ab	19,3 Aa	49,4 Bb	28,6
SMSJB305-7	6,0 Aa	18,3 Ba	36,1 Ca	20,2
SMSJB308-14	8,1 Aa	25,1 Ba	36,3 Ca	23,2
SMSJB310-7	15,1 Ab	37,8 Bb	54,1 Cb	35,7
SMSJB347-8	29,6 Ab	32,3 Ab	55,2 Ab	39,0
SMSJB353-1	7,1 Aa	15,8 Aa	43,2 Ba	22,0
Média	16,7	24,0	44,3	28,3
	Sacarose (mg g^{-1} de matéria fresca)			
Asterix	13,90 Ab	9,04 Aa	11,13 Ab	11,35
Atlantic	6,61 Aa	6,31 Aa	6,67 Aa	6,53
Macaca	9,45 Aa	6,74 Aa	10,92 Ab	9,04
SMIJ461-1	18,86 Ac	21,18 Ab	9,64 Ab	16,56
SMINIA793101-3	21,10 Bc	13,74 Ab	12,53 Ab	15,79
SMINIA00017-6	16,15 Bc	16,00 Bb	10,65 Ab	14,27
SMSJB303-6	11,38 Ab	10,47 Aa	8,33 Aa	10,06
SMSJB305-7	18,27 Ac	13,46 Ab	7,96 Aa	13,23
SMSJB308-14	6,12 Aa	5,47 Aa	5,54 Aa	5,71
SMSJB310-7	13,29 Ab	10,52 Aa	11,25 Ab	11,69
SMSJB347-8	13,05 Ab	12,94 Ab	7,80 Aa	11,26
SMSJB353-1	11,46 Ab	11,43 Aa	9,52 Ab	10,80
Média	13,30	11,44	9,33	11,36

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro, DAP: dias após o plantio.

Tubérculos colhidos aos 70 DAP de primavera apresentaram a maior média do teor de matéria seca (19%), não diferindo significativamente da colheita de 90 DAP no outono (Figura 3). O maior valor de matéria seca aos 90 DAP era esperado, em virtude do acúmulo de foto-assimilados nos tubérculos até a planta atingir a maturidade fisiológica (BISOGNIN; STRECK, 2009). Considerando o mesmo período do outono, as condições de primavera permitiram maior acúmulo de matéria seca, o

que também está de acordo com trabalhos anteriores, nos quais se observa que condições de fotoperíodo e radiação no cultivo de primavera favorece o desenvolvimento e a maturação dos tubérculos (FREITAS et al., 2006; MULLER et al., 2009; BISOGNIN et al., 2008).

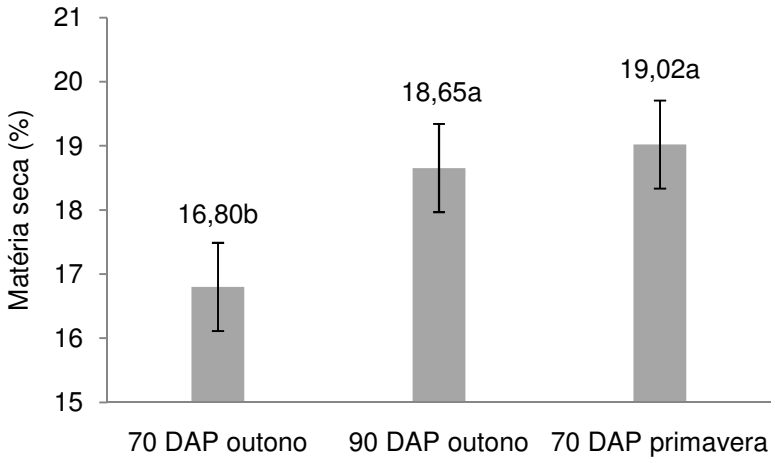

Figura 3 – Matéria seca de tubérculos de batata de colheita precoce em função da época de colheita.

A maior média para o teor de matéria seca foi obtido pela cultivar Atlantic, que não diferiu dos clones SMIJ461-1, SMINIA793101-3, SMINIA00017-6, SMSJB303-6, SMSJB308-14, SMSJB310-7 e SMSJB347-8 (Figura 4). Os teores de matéria seca foram inferiores a 21%, preconizado como limite mínimo para os tubérculos serem destinados ao processamento industrial (VENDRUSCOLO; ZORZELLA, 2002). Altos teores de matéria seca em tubérculos de batata estão relacionados com ciclos longos e cultivares tardias (VAN ECK, 2007), ou seja, sob condições superiores aos utilizados neste estudo. Entretanto, foi possível identificar diferenças entre os clones para esse caractere em colheita precoce com ciclo de menos de 100 dias.

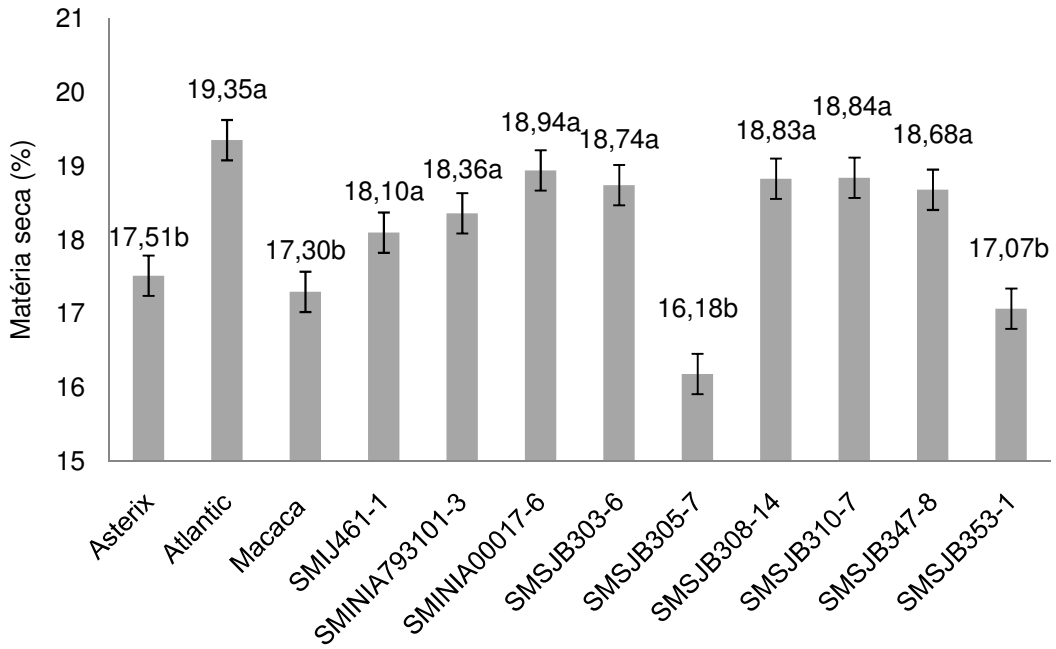

Figura 4 – Matéria seca de tubérculos de batata de colheita precoce em função dos clones.

Tabela 13 – Índice de classificação de 12 clones de batata para produtividade (g cova^{-1}), matéria seca (%), sacarose (mg g massa fresca^{-1}) e açúcares redutores (mg g massa seca^{-1}) de tubérculos obtidos em colheita precoce.

Clone	PD	MS	SC	AR	Total
	Índice de Classificação				
Asterix	3	9	7	11	30
Atlantic	12	1	2	6	21*
Macaca	7	10	3	9	29
SMIJ461-1	9	8	12	7	36
SMINIA00017-6	2	2	10	3	17*
SMINIA793101-3	6	7	11	5	29
SMSJB303-6	8	5	4	8	25
SMSJB305-7	4	12	9	1	26
SMSJB308-14	1	4	1	4	10*
SMSJB310-7	10	3	8	10	31
SMSJB347-8	11	6	6	12	35
SMSJB353-1	5	11	5	2	23*

PD: produtividade de tubérculos (g cova^{-1}), MS: matéria seca (%), AR: açúcares redutores (mg g de MS^{-1}), SC: sacarose (mg g de MF^{-1}), * clones com melhor índice de classificação conforme Mulamba e Mock (1978) em colheita precoce.

4.4 Conclusões

Os tubérculos colhidos aos 90 dias após o plantio de outono e aos 70 dias após o plantio de primavera ainda não atingiram a qualidade mínima para o processamento industrial.

Os clones SMSJB308-14, SMINIA00017-6 e SMSJB353-1 são os de ciclo mais precoce de maturidade.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O cultivo da batata apresenta particularidades no Sul do Brasil que dificultam a indicação de novas cultivares. Em áreas de altitude inferior a 600 m existe a possibilidade de dois cultivos anuais, na primavera e no outono, para os quais são observadas condições climáticas divergentes de temperatura do ar e radiação. O maior contraste entre as épocas ocorre durante a fase de maturação, quando a radiação e a temperatura do ar se tornam limitantes no cultivo de outono. Por outro lado, em locais de altitude acima de 600 m, as condições ambientais do verão favorecem o desenvolvimento das plantas que apresentam melhor qualidade de tubérculos.

As diferenças observadas no desempenho dos clones com as variações do ambiente sugerem a adoção de estratégias diferenciadas para a seleção dos clones. O conhecimento da magnitude dos componentes do fenótipo (clone, ambiente e interação genótipo x ambiente) é fundamental na predição dos ganhos genéticos. Entre primavera e outono, o componente da interação prejudica a resposta correlacionada condicionando a seleção à época de cultivo. As correlações fenotípicas e a resposta correlacionada entre ambientes de seleção observadas neste estudo evidenciam que, para os teores de açúcares redutores e de amilose, deve ser considerado maior número de ambientes, visando minimizar o efeito da interação genótipo x ambiente.

As condições favoráveis do cultivo de verão de altitude maximizaram a resposta genotípica e, pela seleção combinada, foi possível identificar seis clones que apresentaram qualidade superior. Os clones SJSM01275-3, SJSM01263-6 e SJSM03425-26 apresentaram melhor conjunto de caracteres de qualidade para as condições de outono, enquanto que os clones SJSM02377-33, SJSM01212-1 e SJSM00211-3 foram superiores nas condições de primavera.

Em regiões de clima subtropical, os programas de melhoramento de batata objetivam identificar clones que reúnam caracteres de adaptação a dois cultivos anuais, cujo período favorável ao desenvolvimento das plantas seja inferior a 100 dias. No outono, os menores índices de temperatura e radiação solar limitam a maturação das plantas e, consequentemente, a qualidade dos tubérculos. Neste

contexto, a avaliação dos tubérculos de batata em colheita precoce pode auxiliar na identificação de clones de maturação precoce, contribuindo para a melhoria da qualidade de processamento.

A relação positiva entre o ciclo de maturação e a produtividade da cultivar limita a utilização da colheita precoce. Por outro lado, a existência de clones que reúnam produtividade e qualidade, em um curto período de desenvolvimento, possibilita a produção de tubérculos na entressafra, quando a oferta da matéria-prima é reduzida. Entretanto, a colheita precoce aos 90 dias após o plantio de outono e aos 70 dias após o plantio de primavera produziu tubérculos com qualidade inferior ao mínimo exigido pela indústria de processamento. Conforme os resultados obtidos em colheita precoce, os clones SMSJB308-14, SMINIA00017-6 e SMSJB353-1 são promissores para condições de curto período de desenvolvimento da batata, sendo indicados no melhoramento para precocidade.

REFERÊNCIAS

AFFLECK, I.; SULLIVAN, J. A.; TARN, R.; FALK, D. E. Genotype by environment interaction effect on yield and quality of potatoes. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 88, n. 6, p. 1099-1107, 2008.

AFFLECK, I.; SULLIVAN, J. A.; TARN, R.; YADA, R. Stability of eight potato genotypes for sugar content and French fry quality at harvest and after storage. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 92, n. 1, p. 87-96, 2012.

ALVARENGA, G. P. Batata no Sul de Minas. **Batata Show**, n. 18, p. 15, ago. 2007.

ALVES, S.J.; FONSECA JÚNIOR, N. S.; TUMORU, S. Melhoramento genético de plantas de reprodução vegetativa. In: DESTRO, D.; MONTALVAN, R. (org.). **Melhoramento genético de plantas,** p. 345-368, Londrina, 1999.

ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos:** teoria e prática, 4 ed. Viçosa: UFV, 2008. 596p.

BENEDETTI, M; BISOGNIN, D. A.; SEGATTO, F. B.; COSTA, L. C. da; BANDINELLI, M. G.; BRACKMANN, A. Quebra de dormência de minitubérculos de batata. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 1, p. 31-38, 2005.

BERTOFT, E. Analysing starch structure. In: ELIASSON A. (ed.). **Starch in food: Structure, function and applications.** Cambridge Woodhead Publishing, EUA, p. 57-96. 2004. 605p,

BISOGNIN, D. A. Breeding vegetatively propagated horticultural crops. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. S1, p. 35-43, 2011.

BISOGNIN, D. A. Pesquisas científica e tecnológica desenvolvidas em batata na UFSM. In: IX REUNIÃO TÉCNICA DE PESQUISA E EXTENSÃO DA CULTURA DA BATATA DA REGIÃO SUL, 2006, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2006. p. 109-130.

BISOGNIN, D. A. **Recomendações técnicas para o cultivo da batata no Rio Grande do Sul e Santa Catarina.** Santa Maria: Centro de Ciência Rurais. 1996. 63 p.

BISOGNIN, D. A.; STRECK, N. A. **Desenvolvimento e manejo das plantas para alta produtividade e qualidade da batata.** Associação Brasileira da Batata, Itapetininga, SP: 2009. 30 p.; il. (Publicação Técnica – ABBA)

BISOGNIN, D. A; DOUCHES, D. S. Early generation selection for potato tuber quality in progenies of late blight resistant parents. **Euphytica**, v. 127, p. 1-9, 2002.

BISOGNIN, D. A.; MÜLLER, D. R.; STRECK, N. A.; ANDRIOLO, J. L.; SAUSEN, D.. Desenvolvimento e rendimento de clones de batata na primavera e no outono. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 6, p. 699-705, 2008.

BLENNOW, A. Starch bioengineering. In: ELIASSON A. (ed.). **Starch in food: Structure, function and applications.** Cambridge Woodhead Publishing, EUA, p. 97-127. 2004. 605p.

BRADSHAW, J. E. Potato-Breeding Strategy. In: VREUGDENHIL, D. **Potato Biology and Biotechnology: Advances and Perspectives**, Elsevier, 2007.

CARGNELUTTI FILHO A, STORCK L. Medidas do grau de precisão experimental em ensaios de competição de cultivares de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 2, p. 111-117, fev. 2009.

CIP. **Centro Internacional de la Papa.** Disponível em <http://www.cipotato.org/potato/history.asp>. Acesso em 6 out. 2011.

CIP. **Informe Anual 2010.** 2010.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos Biométricos aplicados ao melhoramento genético,** 2 ed. Editora UFV, Universidade Federal de Viçosa, 1997. 390p.

CRUZ, C. D. **Programa GENES**: versão Windows; aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: UFV, 2001. 648p

EPAGRI. **Sistemas de produção para batata consumo e batata semente em Santa Catarina.** 3.ed., Florianópolis: EPAGRI, 2002. 123p.

ESSAH, S. Y. C.; HONEYCUTT, C. W. Tillage and Seed-Sprouting Strategies to Improve Potato Yield and Quality in Short Season Climates. **American Journal of Potato Research**, v. 81, p. 177-186, 2004.

FAO. **Food and Agricultural commodities production.** 2010. Disponível em http://faostat.fao.org/site/562/default.aspx. Acesso em 06 abr. 2012.

FERREIRA, P. B; MELO, D. V. de; OLIVEIRA, R. L. de; FAVERO, L. A. O mercado de batatas congeladas no Brasil - estudo de caso: batatas McCain. In: XLVI CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 2008, Recife, **Anais eletrônicos**... Recife: UFPe, 2008. Disponível em: <http://www.sober.org.br/palestra/9/349.pdf>. Acesso em: 08 out. 2010.

FONTES, P. C. R.; FINGER, F. L. **Pós-colheita do tubérculo de batata**. Viçosa: UFV, 2000. 32p.

FOTI, S. Early potatoes in Italy with particular reference to Sicily. **Potato Research** v. 42, p. 229-240, 1999.

FREITAS, S. T; BISOGNIN, D. A.; GÓMEZ, A. C. S.; SAUTTER, C. K.; COSTA, L. C. da; RAMPELOTTO, M. V. Qualidade para processamento de clones de batata cultivados durante a primavera e outono no Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 1, p. 80-85, jan./fev. 2006.

GAVRILENKO, T. Potato Cytogenetics. In: VREUGDENHIL, D. **Potato Biology and Biotechnology: Advances and Perspectives**, Elsevier, 2007.

GEIGENBERGER, P. Regulation of sucrose to starch conversion in growing potato tubers. **Journal of Experimental Botany**, v. 54, n. 382, p. 457-465. Jan. 2003.

GERALDINI, F.; JULIÃO, L.; BORGATO, E. Procuram-se agroindústrias. **Hortifruti Brasil**, ago. 2011. Disponivel em: http://www.cepea.esalq.usp.br/hfbrasil/edicoes/104/full.pdf. Acesso em 20/12/2011.

GEREMEW, E. B.; STEYN, J. M.; ANNANDALE, J. G. Evaluation of growth performance and dry matter partitioning of four processing potato (*Solanum tuberosum*) cultivars. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, v. 35, n. 3, p. 385-393, 2007.

GILBERT, G. A.; SPRAGG, S. P. Iodometric determination of amylose. In: WHISTLER, R. L. (Ed.). **Methods in carbohydrate chemistry starch**. New York: Academic, v. 4, p. 168-169, 1964.

GRIZOTTO, R. K. Processamento e rendimento industrial da batata chips e palha. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO SOBRE PROCESSAMENTO DE BATATAS. **Anais...,** Pouso Alegre/MG, 2005.

HAAN, S. de; BURGOS G.; CCANTO, R.; ARCOS J.; SCURRAH, M.; SALAS, E.; BONIERBALE, M. Effect of production environment, genotype and process on the mineral content of native bitter potato cultivars converted into white chuño. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 92, n.10, p. 2098–2105, 2012.

HELDWEIN, A. B; STRECK, N. A; BISOGNIN, D. A. Batata. In: MONTEIRO, J. E. B. A. (Org.) **Agrometeorologia dos cultivos – O fator meteorológico na produtividade dos principais cultivos anuais e perenes no Brasil.** 1 ed. Brasília: Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, 2009.

HIJMANS, R. J. Global Distribution of the Potato Crop. **American Journal of Potato Research,** v. 78, p. 403-412, 2001.

HIJMANS, R. J.; SPOONER, D. M. Geographic distribution of wild potato species. **American Journal of Botany**, v. 88, n 11, p 2101–2112, nov. 2001.

HOWARD, H. W. Factors influencing the quality of ware potatoes. The genotype. **Potato Research**, n. 17, p. 490-511, 1974.

HUAMÁN, Z. **Botânica Sistemática y Morfologia de la papa**. Centro internacional de la papa (CIP). LIMA/PERU. 1986.

IBGE. **Banco de dados agregados. 2010.** Disponível em: http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl3.asp?c=1612&n=0&u=0&z=&i=P. Acesso em 11 maio 2012.

IBGE. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola,** Rio de Janeiro, v. 25, n. 2, p. 1-88, mar. 2012.

INTERNATIONAL YEAR OF THE POTATO 2008. **Potato world.** Disponível em <http://www.potato2008.org/en/world/index.html>. Acesso em: 6 out. 2010.

KIRKMAN, M. A. Global Markets for Processed Potato Products. In: VREUGDENHIL, D. **Potato Biology and Biotechnology:** Advances and Perspectives, Elsevier, 2007.

KOOMAN, P. L.; RABBINGE, R. An Analysis of the Relation between Dry Matter Allocation to the Tuber and Earliness of a Potato Crop. **Annals of Botany**, v. 77, p. 235-242, 1996.

LONG, A. R; CHISM, G. M. **Physical and chemical methods of evaluation foods**. Disponível em <http://food.oregonstate.edu/research/test/reducing.html>. Acesso em 25 jan. 2010.

LOVATTO, M. T. **Desenvolvimento de tecnologias para processamento de tubérculos não comercializáveis de batata.** Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

MOLTALVAN, R. Noções de genética quantitativa. In: DESTRO, D.; MONTALVAN, R. (org.). **Melhoramento genético de plantas,** p. 103-118, Londrina, 1999.

MORA, B. H. **Cultivo de papa por esquejes de brote.** Arariwa, Cuzco, 1985.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre, Secretaria da Agricultura, 1961. 42p.

MULAMBA, N.N.; MOCK, J.J. Improvement of yield potential of the method Eto Blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. **Egyptian Journal of Genetics and Citology**, v. 7, n. 1, p. 40-51, 1978.

MÜLLER, D. R. **Seleção de clones de batata de curta dormência, alta qualidade de processamento e adaptados aos cultivos de primavera e outono.** Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

MÜLLER, D. R.; BISOGNIN, D. A.; ANDRIOLO, J. L.; MORIN JUNIOR, G. R.; GNOCATO, F. S. Expressão dos caracteres e seleção de clones de batata nas condições de cultivo de primavera e outono. **Ciência Rural**, v. 39, n. 5, p. 1327-1334, ago. 2009.

PASTORINI, L. H.; et al. Produção e teor de carboidratos não estruturais em tubérculos de batata obtidos em duas épocas de plantio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 4, p. 660-665, out./dez. 2003.

PEREIRA, A. S; SOUZA, Z. da S; CHOER, E. Principais cultivares. In: PEREIRA, A. S; DANIELS, J. **O cultivo da batata na Região Sul do Brasil**, p. 143-153. Brasília: Embrapa, 2003. 568p.

POPP, P. R. Industrialização de batata no Brasil. In.: MELO, P. E. de.; BRUNE, S. **Memória do I Workshop Brasileiro de Pesquisa em Melhoramento de Batata**, 1996, Londrina, 2000. 111p.

ROSS, H. A.; DAVIES, H. V. Sucrose Metabolism in Tubers of Potato (*Solanum tuberosum* L.). **Plant Physiology,** v. 98, p. 287-293, 1992.

SABBA R. P.; BUSSAN, A. J.; MICHAELIS B. A.; HUGHES R.; DRILIAS M. J.; GLYNN M.T. Effect of Planting and Wine-kill Timing on Sugars, Specific Gravity and Skin Set in Processing Potato Cultivars. **American Journal of Potato Research**, v. 84, p. 205-215, 2007.

SHIMOYAMA, N. A cadeia Produtiva da batata no Brasil. In: IX REUNIÃO TÉCNICA DE PESQUISA E EXTENSÃO DA CULTURA DA BATATA DA REGIÃO SUL, 2006, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2006. p. 80-87.

SILVA, L. A. S; PINTO, C. A. B. P. Duration of the growth cycle and the yield potential of potato genotypes. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 5, p. 20-28, 2005.

SILVEIRA, J.; GALESKAS, H.; TAPETTI, R.; LOURENCINI, I. **Hortifruti Brasil**, jul. 2011. Disponivel em: http://www.cepea.esalq.usp.br/hfbrasil/edicoes/103/mat_capa.pdf. Acesso em 20 dez. 2011.

SÖĞÜT, T.; ÖZTÜRK, F. Effects of harvesting time on some yield and quality traits of different maturing potato cultivars. **African Journal of Biotechnology,** v. 10, n. 38, p. 7349-7355, Jul. 2011.

SOUZA, Z. da S. **Melhoramento da batata para processamento industrial em condição subtropical e temperada do sul do Brasil.** Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

SOUZA, Z. da S. Situação atual e entraves na cadeia produtiva da batata em Santa Catarina. In: IX REUNIÃO TÉCNICA DE PESQUISA E EXTENSÃO DA CULTURA DA BATATA DA REGIÃO SUL, 2006, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2006. p. 44-67.

SOUZA, Z. da S.; BISOGNIN, D. A.; MORIN JUNIOR, G. R.; GNOCATO, F. S. Seleção de clones de batata para processamento industrial em condições de clima subtropical e temperado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 11, p. 1503-1512, nov. 2011.

SOWOKINOS, J. R. Relationship of harvest sucrose content to the processing quality and storage life of potatoes. **American Potato Journal**, v. 55, p. 333-344, 1978.

TAGGART, P. Starch as an ingredient: manufacture and applications. In: ELIASSON A. (ed.). **Starch in food:** Structure, function and applications. Cambridge Woodhead Publishing, EUA, p. 363-392. 2004. 605p.

THE POTATO GENOME SEQUENCING CONSORTIUM. Genome sequence and analysis of the tuber crop potato. **Nature**, v. 475, n. 14, p. 189-195, 2011.

THOMPSON, A. L.; LOVE, S. L.; SOWOKINOS, J. R.; THORNTON, M. K.; SHOCK, C. C. Review Of The Sugar End Disorder In Potato (*Solanum tuberosum*, L.). **American Journal of Potato Research**, v. 85, p. 375-386, 2008.

VAN DEN BERG, R. G.; JACOBS, M. M. J. Molecular Taxonomy. In: VREUGDENHIL, D. **Potato Biology and Biotechnology:** Advances and Perspectives, Elsevier, 2007. p. 55-76.

VAN ECK, H. J. Genetics of Morphological and Tuber Traits. In: VREUGDENHIL, D. **Potato Biology and Biotechnology:** Advances and Perspectives, Elsevier, 2007. p. 91-115.

VENDRUSCOLO, J. L. S; ZORZELLA C. A. **Processamento de batata (*Solanum tuberosum* L.):** Fritura. Embrapa Clima Temperado. Pelotas, 2002. 15 p. (Documentos, 104).

WORK, T.M.; KEZIS, A.S.; TRUE, R.H. Factors determining potato chipping quality. **Life sciences and agriculture experiment station**, University of Maine at Orono, Orono. 1981. 28p. (Technical bulletin, 103).

ZANON, A. J. **Crescimento, desenvolvimento e produtividade de clones avançados de batata em cultivo de primavera e de outono em ambiente subtropical.** Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.